
ARTES
VERITAS
SCIENTIA
LIBRARY OF THE
UNIVERSITY OF MICHIGAN
TUEBOR
COLLEGE
OF
ENGINEERING
Digitized by Google



ORGAN
FÜR DIE FORTSCHRITTE
DES EISENBAHNWESENS

Begründet von

Edmund Heusinger von Waldegg

TECHNISCHES FACHBLATT DES VEREINS DEUTSCHER EISENBAHNVERWALTUNGEN

Herausgegeben im Auftrag des Vereins deutscher Eisenbahn-Verwaltungen

vom Schriftleiter

Dr. Ing. H. Uebelacker
Reichsbahnoberrat

unter Mitwirkung von

Dr. Ing. A. E. Bloss
Reichsbahnoberrat

als stellvertretendem Schriftleiter und für den bautechnischen Teil

ZWEIUNDACHTZIGSTER JAHRGANG

NEUE FOLGE. VIERUNDSECHZIGSTER BAND

1927

MIT 49 TAFELN UND 585 TEXTABBILDUNGEN

MÜNCHEN
C. W. KREIDEL'S VERLAG
1927



I. Sachverzeichnis.

Es bedeutet: A = Aufsatz, B = Bericht, Z = Zuschrift. * = Abbildungen im Text.

Jahrg. 1927 Seite

Aufgleisung.
- Preßlufthydraulisches Aufgleisgerät. Von Gaedicke. A. Hierzu Taf. 39 . . . 405*

Aus amtlichen Nachrichten und Erlassen der Vereinsverwaltungen.
- Normblätter für Anstrichmittel der Österreichischen Bundesbahnen . . . 131
- Vorläufige Bestimmungen für Holztragwerke . . . 209
- Verstärkung der Federn bei Lokomotiven der DRG. 226
- Geschäftsbericht der Deutschen Reichsbahn-Gesellschaft über das 2. Geschäftsjahr 1926 . . . 282
- Erhöhung der Fahrzeiten der Personenzüge bei der DRG. . . . 374

Ausstellungen.
- Die deutsche Werkstofftagung und ihre Bedeutung für das Eisenbahnwesen. B. . . . 212
  Hierzu Berichtigung . . . 330
- Internationale Automobil-Ausstellung in Köln. B. . 304
- Werkstofftagung Berlin 1927. Von Füchsel. A. . 516

Bahnanlagen und Bahnhöfe (siehe auch Verschiebetechnik).
- Einteilung der Personenbahnhöfe. Von Günther. A. Hierzu Taf. 17 . . . 130
- Spitzkehre zum Wenden von Lokomotiven. B. . . 134*
- Ein schwieriger Umbau: Bahnhof Cannon Street der englischen Südbahn. Von Wernekke. A. . . . 149*
- Der Bahnhof Markham der Illinois Central Eisenbahn. Von Wernekke. A. . . . 244*
- Erweiterung der Untergrundbahn in London. B. . 305*
- Bemerkenswerte Einrichtungen des neuen Lokomotivschuppens in Schaerbeck. Von Ebert. A. . . . 390

Bahnoberbau, Allgemeines (siehe auch Bahnunterhaltung, Dynamik).
- Bauliche Verbesserungen auf den Linien der Paris-Lyon-Mittelmeer Eisenbahngesellschaft. B. . . . 16*
- Zur Geschichte der Steilweichen. Von Bäseler. A. Hierzu Taf. 4. . . . 26*
- Schnellzugverkehr und Oberbau bei der französischen Nordbahn. B. . . . 70
- Wärmeableitung aus den Schienen nach der Bettung und Weglassung der Stoßlücken im Eisenbahngleise. Von Scheibe. A. . . . 83*
- Auffrischen eiserner Oberbaustoffe. Von Kloevekorn. A. . . . 127
- Dynamische Messungen am Eisenbahnoberbau. Von Saller und Geiger. Z. . . . 151*
  Hierzu Zuschrift von Driessen . . . 529*
- Der Oberbau der großen Geschwindigkeiten und großen Achsdrücke: Das Gleis auf Federn und festen Stützen. Von Wirth. A. . . . 177*, 193*, 250
- Der Gleisbauwagen Bauart Hoch. Von Schultheiß. A. 186*
- Vorrichtung zum Aufzeichnen d. Streckenzustandes. B. 191
- Stemmlasche gegen das Wandern der Schienen. Von Lubimoff. A. Hierzu Abb. 1 und 2, Taf. 24 . . 207
- Gleisbau auf gefrorenen Flüssen und Seen. Von Lubimoff. A. Hierzu Abb. 3 bis 7, Taf. 24 . . 207
- Die Weichenentwicklung an Ablaufbergen. Von Bäseler. A. Hierzu Taf. 32 . . . 289*
- Zulassung von Kreuzungen bei Gleisentwicklungen. Von Cauer. A. . . . 301
  Hierzu Zuschrift von Bäseler . . . 304
- Über eine neue Laschenform (Sparrenlasche). B. . 307*
- Zur Frage des Reichsoberbaues auf Holzschwellen. Von Schmitt. A. . . . 309*
- Neue Wege zur Verstärkung des Oberbaues und des Bettungskörpers. Von Faatz. A. . . . 315*
- Verlegen des Reichsoberbaues mit Füllkästen nach dem Hannoverschen Verfahren. Von Blohme. A. 399*
- Die Weichenentwicklung der Einfahrgleise an den Ablaufbergen der Verschiebebahnhöfe. Von Baumann. A. . . . 406*
- Der Oberbau der Österreichischen Bundesbahnen. Von Hiller. A. Hierzu Taf. 41 . . . 421*
- Oberbaulager und Werkstätte Wörth. Von Hromatka. A. . . . 425*
- Die Erhaltung der Drehpunkte der Zungenvorrichtungen. Von Beyer. A. . . . 430*
- Die Oberbauerneuerung im Arlbergtunnel im Jahre 1925. Von Stiasny. A. . . . 431*

Bahnoberbau, Gleisbettung.
- Ein Gleisbett aus Beton. Von Wernekke. A. . . 206
- Versuche mit Hochofenstückschlacke als Gleisbettungsstoff. Von Burchartz und Saenger. A. Hierzu Taf. 33 . . . 292*

Bahnoberbau, Schienen.
- Ursachen von Schienenbrüchen und ihre Verhütung. B. 17*
- Über Laschenbrüche. B. . . . 71
- Über die schienenfreien Gleisentwicklungen. Von Bäseler. A. Hierzu Taf. 11 und 12 . . . 73
- Versuche über die Beweglichkeit der Schienenenden in Stoßverbindungen. Von Ammann. A. Hierzu Taf. 13 . . . 78*
- Oberflächenhärtung der Schienen durch Betriebseinflüsse. B. . . . 210
- Zur Frage der Schienenlänge. Von Steinhagen. A. 279
- Der Fußklammerstoß System Melaun und sein Einfluß auf die Beweglichkeit der Schienenenden. Von Leussler. A. . . . 281
- Riffelbildungen an Eisenbahnschienen. Von Saller. A. 394*

Bahnoberbau, Schienenschweißung.
- Experimentelle Grundlagen der Thermit-Schienenschweißung auf freier Strecke. Von Wöhrl. A. Hierzu Taf. 1 bis 3 . . . 1*, 21*
- Versuchsstrecke mit geschweißten Schienen auf der russischen Oktoberbahn. B. . . . 16
- Schweißen von Schienenstößen in Amerika. B. . . 210
- Das zweite Betriebsjahr der Schienenschweißungen im Bezirk der Reichsbahndirektion Nürnberg. Von Schönberger. A. Hierzu Taf. 28 bis 31 . . . 275*
- Schienenschweißung auf der freien Strecke und Knickfestigkeit der Eisenbahngleise. Von Wöhrl. A. 384*

Bahnoberbau, Schwellen.
- Lange oder kurze Schwellen. B. . . . 133*
- Über exzentrische Belastung der Holzschwellen. Von Nemcsek. A. . . . 145*
- Plötzliche Wanderungen der Schwellen. Von Pál. A. 147*
- Eisenbahnschwellen aus Eisenbeton. B. . . . 191*
- Jahresringbreite und Festigkeit des Kiefernholzes. Von Liese. A. . . . 367*

Bahnoberbau, Schwellentränkung.
- Zur Frage der Tränkung d. Kernes in Kernholzarten. B. 69
- Schwellentränkung mit Seesalz. Von Lubimoff. A. 189
- Erfahrung mit Teeröl- u. Basilit-Schwellentränkung. B. 191*
- Der heutige Stand der Holztränkung. Von Dehnst. A. 369*
- Tränkung von Eisenbahnschwellen in Amerika. Von Moll. A. . . . 373
- Schwellentränkung der italienischen Staatsbahnen. B. 374

Bahnunterhaltung.
- Gleisverwerfungen auf russischen Bahnen. B. . . . 18

Jahrg. 1927 Seite

— Schutzarbeiten gegen Wasser und Frost am Bahnkörper der schwedischen Bahn Forsmo—Hoting. B. Hierzu Taf. 5. 33
— Eine neue Vorrichtung zum Aufsuchen innerer Fehler in Schienen. B. 36*
— Gleisumlegung mit maschinellen Hilfsmitteln. Von Bach. A. Hierzu Taf. 10 . . . . . . 57*
— Unterhaltung von stark gekrümmten Gleisen. B. . 70
— Über Laschenbrüche. B. 71
— Die statistische Behandlung der Bahnunterhaltungskosten. Von Nemcsek. A. Hierzu Taf. 23 . . . 188
— Unkrautvertilgung auf Eisenbahnstrecken. Von Wöhrl. A. 224
— Verminderung der Schienen- und Spurkranzabnutzung durch eine selbsttätige Schmiervorrichtung an der Schiene. B. 306
— Gleisunterhaltung mit maschinellen Einrichtungen. B. 307
— Schmelzschweißung im Bahnerhaltungsdienste. Von Geiringer. A.. . . . . 408*
— Aufgaben des Bau- und Bahnerhaltungsdienstes der Österreichischen Bundesbahnen. Von Trnka. A. . 415
— Organisation und Personalwirtschaft im Bau- und Bahnerhaltungsdienste der Österreichischen Bundesbahnen. Von Korwik. A. Hierzu Taf. 40 . . . 416*

Betriebswissenschaftliche Untersuchungen.
— Zeitaufnahmeverfahren in den Ausbesserungsstellen der Betriebs- und Betriebswagenwerke der Reichsbahndirektion Altona. Von Gellhorn. A. 100*
— Beseitigung des Prämiensystems in den Ausbesserungswerkstätten der kanadischen Eisenbahn. B.. . . . 410

Bogenlauf von Fahrzeugen.
— Über die Lage des Reibungsmittelpunktes bei arbeitenden Lokomotiven. Von Uebelacker. A. . 265*
Hierzu Zuschrift von Jahn 266
und Berichtigung 308
— Die Spurkranzreibung. Von Bäseler. A. 333*
— Untersuchungen über den Kurvenwiderstand von Eisenbahnfahrzeugen. Von Louis. A. Hierzu Taf. 36 u. 37 350*
— Der Lauf von Eisenbahnfahrzeugen durch Gleiskrümmungen. Besprechung von Heumann . . . 526

Bremsen an Fahrzeugen.
— Bremsdruckregler für Güterwagen. B. 269*

Brücken.
— Verstärkung der Brücke über den Columbiafluß in Nordamerika. B. 35*
— Die Donaubrücke bei Mariaort. Von Weidmann. A. Hierzu Taf. 18 bis 21 . . . . 157*
— Erneuerung der Eisenbahnbrücke über den Ohio bei Steubenville. B. 209*
— Über die Nachprüfung von Brückentragwerken. Von Roth. A. 449*
— Die Auswechslung des eisernen Überbaues der Schönauer Eisenbahnbrücke in Steyr. Von Roth. A. 452*
— Der Wiederaufbau der Salcanobrücke über den Isonzo. B. 522*

Diesellokomotiven.
— Die mechanisch angetriebene Diesellokomotive mit fester Übersetzung und mehreren, einzeln kuppelbaren Motoren. Von Günther. A. Hierzu Taf. 6 bis 9 { 39*, 284* }
Hierzu Zuschrift von Lomonossoff 283
— 1 C_0-D_0-C_0 1 Dieselelektrische Lokomotive in Rußland. B. 53
— Dieselmotor-Triebwagen und -Lokomotiven in Amerika. B. 53
— Die Dieselelektrische Lokomotive auf den Bahnen der U. d. S. S. R. B. 286*
— Viertakt-Dieselmotoren mit Aufladung durch Auspuffturbinen. B. 286

Drehgestelle siehe Lokomotiven, Einzelteile; Wagen.

Dynamik.
— Dynamische Messungen am Eisenbahnoberbau. Von Saller und Geiger. Z. 151*
Hierzu Zuschrift von Driessen 529*

Eisenbahnbau.
— Bau eines Eisenbahndammes durch das Wattenmeer vom Festland nach der Insel Sylt. Von Kümmel und Pfeiffer. A. 381*

Jahrg. 1927 Seite

— Die Bedeutung der Wildbachverbauung für die Eisenbahnen. Von Härtel. A. 458
— Über Lehnensicherung. Von Lehar. A. 460*
— Eine Felssprengung im Gesäuse. Von Pokorny. A. 463*

Eisenbahnbetrieb (siehe auch elektrische Eisenbahnen, Wirtschaftlichkeit der Eisenbahnen, Zugförderung).
— Der Betriebsdienst der Österreichischen Bundesbahnen. Von Sedlak. A. 420
— Eine drei- und viergleisige Strecke mit in beiden Richtungen befahrenen Gleisen. Von Wernekke. A. 517
— Betrieb eines amerikanischen Zugbildungsbahnhofs. B. 525

Eisenbahnen verschiedener Länder.
— Von den Japanischen Eisenbahnen. B. 190
— Die Tanganjika Bahn. Von Baltzer. A. 222*
— Gegenwärtiger Stand der Elektrisierung in Holland. Von Ebert. A. 266
— Eine neue bolivianische Eisenbahnverbindung. B. . 411

Eisenbahngeschichte.
— 75 Jahre Lübeck-Büchener Eisenbahn. B. 38
— Aus der Geschichte des amerikanischen Lokomotivbaues. Von Wernekke. A. 170*
Hierzu Zuschrift von Rihosek 330

Eisenbahnoberbau siehe Bahnoberbau.

Eisenbahnunfälle.
— Durch Lokomotivschäden verursachte Eisenbahnunfälle in Amerika von 1923 bis 1926. B. 286

Eisenbahnunterbau siehe Eisenbahnbau.
Eisenbahnwagen siehe Wagen.

Elektrische Eisenbahnen.
— Gegenwärtiger Stand der Elektrisierung in Holland. Von Ebert. A. 266
— Die Spitzendeckung in Bahnkraftwerken. B. . . . 379
— Die Elektrisierung der Österreichischen Eisenbahnen. Von Dittes. A. 472*
— Elektrisierung der Österreichischen Bundesbahnen. Kraftwerke und Unterwerke. Von Hruschka und Schnürer. A. Hierzu Taf. 47 und 48 . . . . . 475*
— Betriebsergebnisse und Betriebserfahrungen auf den elektrisierten Linien der Österreichischen Bundesbahnen. Von Eichberg. A. 503*
— Der elektrische Betrieb der Natalstrecke der Südafrikanischen Regierungsbahnen. Von Marschall. A. 518*
— Vorläufiger Abschluß der Elektrisierung der Österreichischen Bundesbahnen. B. 526

Elektrische Eisenbahnen, Streckenausrüstung.
— Elektrisierung der Österreichischen Bundesbahnen. Leitungsanlagen. Von Luithlen. A. 488*

Elektrische Lokomotiven.
— Bau von elektrischen Lokomotiven in Japan. B. 287
— Versuchsfahrten einer neuen elektr. Lokomotive. B. 287
— Elektrische Verschiebelokomotiven d. Schweizerischen und Österreichischen Bundesbahnen. B. 288
— Die neuen Lötschberglokomotiven Type 1AAA-AAA1. B. 288
— Die neuen elektrischen Lokomotiven der Deutschen Reichsbahn. B. 288
— Neuerungen im mechanischen Aufbau elektrischer Schnellzuglokomotiven. B. 413*
— Elektrisierung der Österreichischen Bundesbahnen. Elektrische Triebfahrzeuge und Zugförderungsanlagen. Von Lorenz. A. 495*

Fahrzeuge; allgemeine Fahrzeugteile (siehe auch Lokomotiven, Wagen).
— Neuartiges Untergestell für Straßenbahnwagen. B. 19*
— Neue Motordräsine der Norwegischen Staatsbahn. B. 69*
— Selbsttätige Kupplung in Japan. B. 269
— Majex-Kupplung mit Übergangs-Schraubenkupplung. B. 328*
— Der amerikanische Fahrzeugbau im Jahre 1926. B. 377

Geschäftsberichte.
— Geschäftsbericht der Deutschen Reichsbahn-Gesellschaft über das 2. Geschäftsjahr 1926. 282

Gleisbettung siehe Bahnoberbau.

Gleisbremsen.
— Gleisbremsen in französischen Verschiebebahnhöfen. B. 137*

Güterwagen siehe Wagen.
Güterzuglokomotiven siehe Lokomotiven, Bauart.

Jahrg. 1927 Seite

Hilfsgerätewagen.
– Elektrische Beleuchtungsanlage für Hilfsgerätewagen. Von Schultheiß. A.. . . . . 324*
– Neues Schneidwerkzeug für Hilfszüge. B. 410*

Internationaler Eisenbahnverband.
– Ergebnisse der Sitzung des V. Ausschusses der U. I. C., Technische Fragen, in Paris am 20. und 21. Dezember 1926. A. 247

Kraftwagenverkehr.
– Kraftwagenverkehr. B. 132*
– Omnibusverkehr der Norfolk Southern Bahn. B. . 133

Kupplungen siehe Fahrzeuge; allgemeine Fahrzeugteile.

Lokomotivbehandlungsanlagen.
– Die neue Lokomotivbekohlungsanlage des Bahnhofs Dillenburg. Von Borghaus. A. Hierzu Taf. 14 . 89*
– Über eine neue Anlage zur Absaugung von Rauchkammerlösche aus Lokomotiven. Von Vollmayr. A. 119*
– Bemerkenswerte Bekohlungsanlage. B. 120*
– Die neue Bekohlungs- und Besandungsanlage in Doncaster. B. 269*

Lokomotiven; Allgemeines. Theoretische Untersuchungen. (siehe auch Diesellokomotiven, elektr. Lokomotiven).
– Erfahrungen mit in Heißdampflokomotiven umgebauten Naßdampflokomotiven. Von Widdecke. A. 44*
– Vergleichsfahrten von Heißdampf- und Naßdampflokomotiven bei Neben- und Kleinbahnen. B. . . 54*
– Versuche mit dem Anfeuern von Lokomotiven. Von Bethke. A. 105*
– Verfahren zur Berechnung von Heißdampflokomotiven mit einfacher Dampfdehnung. Von Koref. A. . 139*
– Neuere Ergebnisse aus den Versuchen des Eisenbahnzentralamtes mit Dampflokomotiven. B. 154
– Neue Fragen für den amerikanischen Lokomotivbau. B. 155
– Reibungswerte zwischen Rad und Bremsklotz. B. . 227
– Versuchsfahrten mit der verstärkten Gt 96⁰ (2×4/4)-Lokomotive des ehemals bayerischen Netzes der Reichsbahn. Von Nordmann. A. 231*
– Der amerikanische Lokomotivbau zur Frage der Hochdrucklokomotive. B. 248
– Zur Theorie des Lokomotivkessels im Lehrbuch von Garbe: Die zeitgemäße Heißdampflokomotive. Von Heumann. A. 251*, 271*
– Über die Lage des Reibungsmittelpunktes bei arbeitenden Lokomotiven. Von Uebelacker. A. 265*
Hierzu Zuschrift von Jahn 266
und Berichtigung 308
– Ergebnisse von Indizierversuchen an Lokomotiven bei Leerlauf. B. 268*
Hierzu Zuschrift von Nordmann 327
– Versuchsergebnisse mit der 2 E 1-h 3 v-Lokomotive von Baldwin. B. 329
– Die Personenzuglokomotiven bei der Baltimore und Ohio Bahn von 1893 bis 1927. B. 378
– Versuche der dänischen Staatsbahnen mit Wärmeisolationsmitteln. B. 414
– Lokomotiv-Neubau und Lokomotiv-Umbau bei den Österreichischen Bundesbahnen in den Jahren 1926 und 1927. Von Lehner. A. Hierzu Taf. 42 u. 43 435*
– Versuche der Deutschen Reichsbahn mit Kohlen sparenden Lokomotiven. B. 523
– Neu erschienene Lonormen. B. 523

Lokomotiven, Bauart.
– 1 C 1 + 1 C 1-h 4 Garrat-Lokomotiven der Rhodesischen Eisenbahn. B. 18*
– 1 D-h 2 Güterzuglokomotive und 2 D-h 2 Schnellzuglokomotive der Polnischen Staatsbahnen. B. . . . 54
– 2 F 1-h 3 Lokomotive der Union Pacific Bahn. B. . 86*
– 2 D 1-h 2 Schnellzuglokomotive der Madrid-Zaragossa-Alicante Bahn. B. 87*
– 2 D 1-h 3 Lokomotive für schweren Personenzugdienst der Denver und Rio Grande Western Bahn. B. . 88
– Sammler-Lokomotive mit benzol-elektrischer Hilfsmaschine. B. 88
– Die neuen Einheitslokomotiven der Deutschen Reichsbahn-Gesellschaft. B. 134*
– 2 C 1-h 2 Schnellzuglokomotive für die Brasilianische Zentralbahn. Die 3000. Lokomotive der Linke-Hofmann-Lauchhammer A.-G. B. 135
– 1 C-h 2 Lokomotive der London Midland und Schottischen Bahn. B. 229*
– 2 C-h 4 Schnellzuglokomotive der Englischen Südbahn. B. 230*
– Die zweite 1 D-h 2 v Hochdrucklokomotive der Delaware- und Hudson-Bahn. B. 249
– D-h 2 Verschiebelokomotive der Terminal Railroad of St. Louis mit neuartigem Rahmen und Tender. B. 267*
– 2 D 1-h 2 Personenzuglokomotive der Pennsylvania Bahn. B. Hierzu Taf. 35 328
– 1 D 1-h 2 v Güterzuglokomotive der Argentinischen Zentralbahn. B. 378
– 2 C 2-h 2 Personenzuglokomotive der New York Zentralbahn. B. 396*
– Die Still-Lokomotive von E. Kitson-Clark. B. 411*

Lokomotiven, Einzelteile (siehe auch Werkstätten nebst Einrichtungen).
– Lokomotiv-Drehgestell aus Stahlguß. B. 19*
– In einem Stück gegossener Lokomotivrahmen. B. 20*
– Neuartige Schmierung von Laufachslagern in Amerika. B. 93*
– Verminderung der Anfressungen an Lokomotivkesseln bei amerikanischen Lokomotiven. B. 99
– Versuche mit einer Kesselspeisewasservorwärmpumpe, Bauart „Dabeg“. Von Rihosek. A. Hierzu Taf. 16 121*
– Der Pitkin-Gelenkstehbolzen. B. 136*
– Verstärkung der Federn bei Lokomotiven d. Deutschen Reichsbahn-Gesellschaft 226
– Neuartiges Treibachslager in Amerika. B. . . . 287
– Kessel mit Innenfeuerung für Lokomotiven. B. . . 379
– Entlasteter Lokomotivkolben nach Martyn. B. . . 379*
– Fensterwischer für Lokomotiven. Von Littrow. A. 513*

Lokomotivversuchsfahrten siehe Lokomotiven, Allgemeines; elektrische Lokomotiven.

Material siehe Stoffwesen.

Motorwagen siehe Triebwagen.

Nachrufe siehe Persönliches.

Normung.
– Neu erschienene Lonormen. B. 523

Oberbau siehe Bahnoberbau.

Persönliches.
– Ministerialrat Ludwig von Samarjay. Ernennung zum Präsidenten der Königlich Ungarischen Staatseisenbahnen 304
– Richard von Helmholtz, Gedenkwort 331*, 349

Personenwagen siehe Wagen.

Personenzuglokomotiven siehe Lokomotiven, Bauart.

Preisausschreiben.
– Entscheidung des Preisgerichts für den Spannungs- und Schwingungsmesser Wettbewerb der Deutschen Reichsbahn-Gesellschaft. B. 20

Schienen siehe Bahnoberbau.

Schneeschutz.
– Schneeschutz bei Gebirgsbahnen. B. 375*

Schnellzuglokomotiven siehe Lokomotiven, Bauart.

Schwebebahnen.
– Die Seilschwebebahn auf die Zugspitze. Von Findeis. A. 31*
– Die Personenseilschwebebahnen und deren Entwicklung in Österreich. Von Simmert. A. . . . 509*

Schweißen, siehe auch Bahnoberbau, Werkstätten.
– Schmelzschweißung im Bahnerhaltungsdienste. Von Geiringer. A. 408*

Schwellen und Schwellentränkung siehe Bahnoberbau.

Signal- und Sicherungswesen.
– Aufstellung von Ankündigungszeichen vor Vorsignalen. B. 38
– Selbsttätige Signalanlagen. Von Roudolf. A. . . 48*
– Optische Signalübertragung. B. 55

Jahrg. 1927 Seite

— Streckenblockung für eingleisige Bahnen mit Blockstellen. Von Seyberth †. A. Hierzu Taf. 38 . . 392
— Lichtsignale auf französischen Bahnen. B. 398*
— Neuerungen auf dem Gebiete des Signalwesens bei den Österreichischen Bundesbahnen. Von Rumpf. A. Hierzu Taf. 46 . . . . 467*
— Verwendung von Lautsprechern und drahtloser Telephonie im amerikanischen Eisenbahnbetrieb. B. 525*

Stoffe und Stoffwesen siehe auch Tagungen.
— Der neue Rotguß R 5 im Eisenbahnbetrieb. Von Kühnel und Marzahn. A. 11*
— Die neueren Baustähle. Von Füchsel. A. . . . 81
— Normblätter für Anstrichmittel der Österreichischen Bundesbahnen. A. 131
— Die gußeisernen Stopfbuchspackungen. Von Dannecker. A. 217
— Bildung eines Fachausschusses für Anstrichtechnik. B. 530

Tagungen.
— Die deutsche Werkstofftagung und ihre Bedeutung für das Eisenbahnwesen. B. 212
Hierzu Berichtigung 330
— Die 66. Hauptversammlung des Vereins deutscher Ingenieure. B. 250
— Die dritte Tagung der Studiengesellschaft für Rangiertechnik. B. 270
— Werkstofftagung Berlin 1927. Von Füchsel. A. . 516
— Internationaler Kongreß für Materialprüfungen in Amsterdam vom 12. bis 17. September 1927. B. . 522

Triebwagen.
— Ein neuer dieselelektrischer Triebwagen. B. . . . 176
— Die neuen Verbrennungstriebwagen der Deutschen Reichsbahn-Gesellschaft und ihre Versuchsergebnisse. Von Nolde. A. Hierzu Taf. 25 und 26 . . . . . 213*
— Der neue Speichertriebwagen der Reichsbahn. Von Trautvetter. A. 216
— 500 PS benzol-elektrischer Triebwagen der Lehigh-Valley Bahn. B. 228
— Amerikanischer Benzol-Triebwagen mit mechanischer Kraftübertragung. B. 229
— Neuerungen im Waggon- und Triebfahrzeugbau bei den Österreichischen Bundesbahnen. Von Engels. A. 442*

Tunnel.
— Der Moffat-Tunnel (Vereinigte Staaten von Nordamerika). B. 69
— Die Entlüftung des Tunnels von Mornay. B. . . . 71
— Der Bau des Hochstraßtunnels der Eisenbahnlinie Friedberg—Pinkafeld. Von Schmidt. A. Hierzu Taf. 44 und 45 . . . . 454*

Unterhaltung der Gleisanlagen s. Bahnunterhaltung.

Verein Deutscher Eisenbahnverwaltungen.
— Bericht über die Tagung des Technischen Ausschusses des Vereins Deutscher Eisenbahnverwaltungen in Saßnitz am 1. bis 3. Juni 1927 363

Verschiebetechnik.
— Berechnung und Anwendung von Laufzeitlinien. Von Pösentrup. A. 7*
— Studiengesellschaft für Rangiertechnik. B. 56, 156
— Zwei Neuerungen im Verschiebedienst amerikanischer Eisenbahnen. B. 136
— Halbselbsttätige, elektrisch gesteuerte Weichen einer Verschiebeanlage. Z. 192
— Über die Leistungsfähigkeit der Ablaufanlagen von Flachbahnhöfen und Gefällsbahnhöfen. Von Frohne. A. Hierzu Taf. 27 . . . . 238*, 257*
— Ersparnisse im Verschiebedienst. B. 525

Versuche siehe Bahnoberbau, elektr. Lokomotiven, Lokomotiven, Allgemeines.

Wagen und Einzelteile von Wagen.
— Der neue Heizkesselwagen der elektrisch betriebenen Strecken der italienischen Staatsbahn. Von Lotter. A. 15*
— Pullmann-Wagen der Internationalen Schlafwagen-Gesellschaft. B. 36*
— Eiserne Schlafwagen der Internationalen Schlafwagen-Gesellschaft. B. 37
— Neue Pullmanwagen mit Turnraum und Vergnügungssaal. B. 37*
— Kesselwagen für Steinkohlenteer. B. 55*
— Die wirtschaftlichen Vorteile der mechanischen Lagerschmierung für den Eisenbahnbetrieb. Von Friedrich. A. 125*
— Kohlenversand in Großraumgüterwagen der Deutschen Reichsbahn-Gesellschaft. B. 138*
— Neue Wagen der Nord-Südbahn Berlin. B. 155*
— Personenwagen der französischen Südbahn aus Stahl. B. Hierzu Taf. 22 175
— Der Gleisbauwagen Bauart Hoch. Von Schultheiß. A. 186*
— Rollenlager an amerikanischen Eisenbahnen. B. . 229*
— Neue Reichsbahnbestellungen. B. 288
— Rissebildungen an Wagenachsen. B. 395
— Der Wagenpark der Internationalen Schlafwagengesellschaft. B. 397
— Neuerungen im Waggon- und Triebfahrzeugbau bei den Österreichischen Bundesbahnen. Von Engels. A. 442*
— Die Entwicklung des regelspurigen Wagenparkes der Österreichischen Bundesbahnen seit dem Kriegsende. Von Kühnelt. A. 444

Werkstätten nebst Einrichtungen (siehe auch betriebswissenschaftliche Untersuchungen).
— Spurkranzschweißung. Von Krohne. A. 52*
— Das neue Eisenbahnbetriebswerk auf Güterbahnhof Erfurt. Von Riemann. A. Hierzu Taf. 15 . . . 94*
— Ein neuzeitliches Betriebswerk einer amerikanischen Bahn. B. 113*
— Rauchabzüge in Lokomotivschuppen. Von Zimmermann. A. 114*
— Bogenläufige Achssenke. B. 117*
— Eine neue Gaspreßpumpe. Von Klitzing. A. . . 118*
— Werkstattswirtschaft der Deutschen Reichsbahn-Gesellschaft. B. 175
— Die neuesten Prüfstände in der Versuchsabteilung Göttingen. B. 226
— Lehre zum Nachmessen von Radspurkränzen. B. . 227*
— Besonders niedrig gebaute Wagenschiebebühne. B. 228
— Neuzeitlicher Bockkran für die Unterhaltung von Wagen und Lokomotiven. Von Osthoff. A. Hierzu Taf. 34 . . . . 319*
— Beseitigung des Prämiensystems in den Ausbesserungswerkstätten der kanadischen Eisenbahn. B. . . . 410
— Die neue Lokomotivausbesserungswerkstatt beim Bahnbetriebswerk Dresden-Altstadt. Von Richter. A. Hierzu Taf. 49 . . . . 511*

Wirtschaftlichkeit der Eisenbahnen.
— Ein Verfahren zur Berechnung durchschnittlicher Selbstkosten. Von Bazant. A. 418

Wohnbauten.
— Neuere Wohnbauten der Österreichischen Bundesbahnen. Von Schläfrig. A. 507*

Zeitaufnahmen siehe betriebswissenschaftliche Untersuchungen.

Zugbeeinflussungseinrichtungen (siehe auch Signal- und Sicherungswesen).
— Optische Signalübertragung. B. 55
— Selbsttätige Bremsvorrichtung von Miller für Lokomotiven. B. 56*, 211

Zugförderung (siehe auch Elektrische Eisenbahnen).
— Die Ermittlung der Zugförderkosten der Güterzüge als Unterlage für die Wahl der Leitungswege. Von Baumann. A. 164
— Ermittlung der Fahrzeiten der Personenzüge bei der DRG. A. 374

Zuschriften an die Schriftleitung.
— Dynamische Messungen am Eisenbahnoberbau . . 151*, 529*
— Halbselbsttätige, elektrisch gesteuerte Weiche einer Verschiebeanlage 192
— Der Oberbau der großen Geschwindigkeiten und großen Achsdrücke: Das Gleis auf Federn und festen Stützen. 250
— Über die Lage des Reibungsmittelpunktes bei arbeitenden Lokomotiven 266
— Die mechanisch angetriebene Diesellokomotive mit fester Übersetzung und mehreren, einzeln kuppelbaren Motoren 283*
— Zulassung von Kreuzungen bei Gleisentwicklungen . 304
— Ergebnisse von Indizierversuchen an Lokomotiven bei Leerlauf 327
— Aus der Geschichte des amerikanischen Lokomotivbaues 330

II. Buchbesprechungen.

Jahrg. 1927 Seite

Archiv für Eisenhüttenwesen 398

Bauaufsicht und Bauführung. Von Tolkmitt . . . 414
Beiträge zum Abnutzungsproblem mit besonderer Berücksichtigung der Abnutzung von Zahnrädern. Von Bondi 380
Beschaffungsstellen. Die Zuständigkeit der B.... im Verwaltungsgebiet der DRG. Von Koch 270
Blattfedern. Die Herstellung der B.... Von Sanders 380

Eisenbahnbetriebsunfälle und ihre Verhütung. Von Bloss 211
Eisenbahnkunde. Von Haßfurter 38
Elektrische Bahnen. Von Schwaiger 330
Erläuterungen mit Beispielen zu den Eisenbetonbestimmungen. Von Gehler 88

Freitragende Holzbauten. Von Kersten 270

Gebirgstunnel. Der Bau langer tiefliegender G..... Von Andreae 330
Glasers Annalen. Jubiläums-Sonderheft zum 50jährigen Bestehen 528

Hebe- und Förderanlagen. Von Aumund 137
Hütte, des Ingenieurs Taschenbuch, 4. Band 269
Hundertjährige Eisenbahn. Die ...... Von Fürst . 380

Industrielle Unfallverhütung auf der Grundlage der wissenschaftlichen Betriebsführung. Von Martens . 414
Industriestaub, Wesen und Bekämpfung. Von Meldau 249

Jahrg. 1927 Seite

Lauf von Eisenbahnfahrzeugen durch Gleiskrümmungen. Der..... Von Jahn 526
Linienführung. Von Giese, Blum und Risch. II. Teil, Eisenbahnwesen und Städtebau, 2. Band 329
Locomotive Cyclopedia of American Practice 529

Massengüter. Die Förderung von M...... Von Hanffstengel 72

Oberbau- und Gleisverbindungen. Von Bloss 192
Hierzu Berichtigung 330

Personenbahnhöfe. Von Cauer 308

Sicherungseinrichtungen. Die S.... für den Zugverkehr auf den deutschen Bahnen. Von Möllering 211
Statik für Baugewerksschulen und Baugewerksmeister. Von Zillich 72

The British Steam Railway Locomotive 1825—1925. Von Ahrons 414

Unterrichtsblätter über Fernmeldetechnik. II. Teil. 38

Verzeichnis der deutschen Literatur über Verschiebebahnhöfe. 38

Zähigkeitsmessungen an Flüssigkeiten und Untersuchungen von Viskosimetern. Von Erk 414

III. Namenverzeichnis.

Die Aufsätze sind mit A., die Buchbesprechungen mit Bb., die Zuschriften mit Z. bezeichnet. * = Abbildungen im Text.

Jahrg. 1927 Seite

Ahrons. The British Steam Railway Locomotive 1825—1925. Bb. 414
Ammann. Versuche über die Beweglichkeit der Schienenenden in Stoßverbindungen. A. Hierzu Taf. 13 . . 78*
Andreae. Der Bau langer tiefliegender Gebirgstunnel. Bb. 330
Aumund. Hebe- und Förderanlagen. Bb. 137

Bach. Gleisumlegung mit maschinellen Hilfsmitteln. A. Hierzu Taf. 10 . . . . 57*
Bäseler. Die Spurkranzreibung. A. 333*
— Die Weichenentwicklung an Ablaufbergen. A. Hierzu Taf. 32 . . . . 289*
— Über die schienenfreien Gleisentwicklungen. A. Hierzu Taf. 11 und 12 73
— Zulassung von Kreuzungen bei Gleisentwicklungen. Z. 304
— Zur Geschichte der Steilweichen. A. Hierzu Taf. 4 26*
Baltzer. Die Tanganjikabahn. A. 222*
Baumann. Die Ermittlung der Zugförderkosten der Güterzüge als Unterlage für die Wahl der Leitungswege. A. 164*
— Die Weichenentwicklung der Einfahrgleise an den Ablaufbergen der Verschiebebahnhöfe. A. . . . 406*
Bazant. Ein Verfahren zur Berechnung durchschnittlicher Selbstkosten. A. 418
Bethke. Versuche mit dem Anfeuern von Lokomotiven. A. 105*

Jahrg. 1927 Seite

Beyer. Die Erhaltung der Drehpunkte der Zungenvorrichtungen. A. 430*
Blohme. Verlegen des Reichsoberbaues mit Füllkästen nach dem Hannoverschen Verfahren. A. 399*
Bloss. Eisenbahnbetriebsunfälle und ihre Verhütung. Bb. 211
— Oberbau und Gleisverbindungen. Bb. 192
Hierzu Berichtigung 330
Bondi. Beiträge zum Abnutzungsproblem mit besonderer Berücksichtigung der Abnutzung von Zahnrädern. Bb. 380
Borghaus. Die neue Bekohlungsanlage des Bahnhofs Dillenburg. A. Hierzu Taf. 14 . . . . 89*
Burchartz u. Saenger. Versuche mit Hochofenstückschlacke als Gleisbettungsstoff. A. Hierzu Taf. 33 292*

Cauer. Personenbahnhöfe. Bb. 308
— Zulassung von Kreuzungen bei Gleisentwicklungen. A. 301

Dannecker. Die gußeisernen Stopfbuchspackungen. A. 217*
Dehnst. Der heutige Stand der Holztränkung. A. . . 369*
Dittes. Die Elektrisierung der Österreichischen Eisenbahnen. A. 472*
Driessen. Dynamische Messungen am Eisenbahnoberbau. Z. 529*

Ebert. Bemerkenswerte Einrichtungen des neuen Lokomotivschuppens in Schaerbeek (Belgien). A. 390
— Gegenwärtiger Stand der Elektrisierung in Holland. A. 266

Jahrg. 1927 Seite

Eichberg. Betriebsergebnisse und Betriebserfahrungen auf den elektrisierten Linien der Österreichischen Bundesbahnen. A. 503*
Engels. Neuerungen im Waggon- und Triebfahrzeugbau der Österreichischen Bundesbahnen. A. 442*
Erk. Zähigkeitsmessungen an Flüssigkeiten und Untersuchungen an Viskosimetern. Bb. 414

Faatz. Neue Wege zur Verstärkung des Oberbaues und des Bettungskörpers. A. 315*
Findeis. Die Seilschwebebahn auf die Zugspitze. A. 31*
Friedrich. Die wirtschaftlichen Vorteile der mechanischen Lagerschmierung für den Eisenbahnbetrieb. A. . . 125*
Frohne. Über die Leistungsfähigkeit der Ablaufanlagen von Flachbahnhöfen und Gefällsbahnhöfen. A. Hierzu Taf. 27 . . . . . 238* 257*
Füchsel. Die neueren Baustähle. A. 61
— Werkstofftagung Berlin 1927. A. 516
Fürst. Die hundertjährige Eisenbahn. Bb. 380

Gaedicke. Preßlufthydraulisches Aufgleisgerät. A. Hierzu Taf. 39 . . . . . 405*
Gehler. Erläuterungen mit Beispielen zu den Eisenbetonbestimmungen 1925. Bb. 88
Geiger. Dynamische Messungen am Eisenbahnoberbau. Z. 152*
Geiringer. Ein Beitrag zur Verwendung der autogenen Schmelzschweißung im Bahnerhaltungsdienste. A. . 408*
Gellhorn. Zeitaufnahmeverfahren in den Ausbesserungsstellen der Betriebs- und Betriebswagenwerke der Reichsbahndirektion Altona. A. 100*
Giese, Blum, Risch. Linienführung. Bb. 329
Günther, Karl. Einteilung der Personenbahnhöfe. A. Hierzu Taf. 17 130
Günther, Otto. Die mechanisch angetriebene Diesellokomotive mit fester Übersetzung und mehreren einzeln kuppelbaren Motoren. A. Hierzu Taf. 6 bis 9 39* 284*

Härtel. Die Bedeutung der Wildbachverbauung für die Eisenbahnen. A. 458
Hanffstengel. Die Förderung von Massengütern. Bb. 72
Haßfurter. Eisenbahnkunde. Bb. 38
Heumann. Zur Theorie des Lokomotivkessels. A. . 251* 271*
Hiller. Der Oberbau der Österreichischen Bundesbahnen. A. Hierzu Taf. 41 421
Hromatka. Oberbaulager und Werkstätte Wörth. A. 425*
Hruschka und Schnürer. Elektrisierung der Österreichischen Bundesbahnen. Kraftwerke und Unterwerke. A. Hierzu Taf. 47 und 48 . . . . . 475*

Jahn. Über die Lage des Reibungsmittelpunktes bei arbeitenden Lokomotiven. Z. 266
Hierzu Berichtigung 308

Kersten. Freitragende Holzbauten. Bb. 270
Klitzing. Eine neue Gaspreßpumpe. A. 118*
Kloevekorn. Auffrischen eiserner Oberbaustoffe. A. 126
Koch. Die Zuständigkeiten der Beschaffungsstellen im Verwaltungsgebiet der Deutschen Reichsbahn-Gesellschaft. Bb. 270
Koref. Verfahren zur Berechnung von Heißdampflokomotiven mit einfacher Dampfdehnung. A. . . 139*
Korwik. Organisation und Personalwirtschaft im Bau- und Bahnerhaltungsdienste der Österreichischen Bundesbahnen. A. Hierzu Taf. 40 . . . . . 416*
Krohne. Spurkranzschweißung. A. 52*
Kühnel und Marzahn. Der neue Rotguß R 5 im Eisenbahnbetrieb. A. 11*
Kühnelt. Die Entwicklung des regelspurigen Wagenparkes der Österreichischen Bundesbahnen seit dem Kriegsende. A. 444
Kümmel und Pfeiffer. Bau eines Eisenbahndammes durch das Wattenmeer vom Festland nach der Insel Sylt. A. 381*

Lehar. Über Lehnensicherung. A. 460*
Lehner. Lokomotiv-Neubau und Lokomotiv-Umbau bei den Österreichischen Bundesbahnen. A. Hierzu Taf. 42 und 43 . . . . . 435*

Leussler. Der Fußklammerstoß System Melaun und sein Einfluß auf die Beweglichkeit der Schienenenden. A. 281
Liese. Jahresringbreite und Festigkeit des Kiefernholzes. A. 367*
Littrow. Fensterwischer für Lokomotiven. A. . . . 513*
Lomonossoff. Die mechanisch angetriebene Diesellokomotive mit fester Übersetzung und mehreren einzeln kuppelbaren Motoren. Z. 283
Lorenz. Elektrisierung der Österreichischen Bundesbahnen. Elektrische Triebfahrzeuge und Zugförderungsanlagen. A. 495*
Lotter. Der neue Heizkesselwagen der elektrisch betriebenen Strecken der italienischen Staatsbahn. A. 15*
Louis. Untersuchungen über den Kurvenwiderstand von Eisenbahnfahrzeugen. A. Hierzu Taf. 36 und 37 350*
Lubimoff. Gleisbau auf gefrorenen Flüssen und Seen. A. Hierzu Abb. 3 bis 7, Taf. 24 207
— Schwellentränkung mit Seesalz. A. 189
— Stemmlasche gegen das Wandern der Schienen. A. Hierzu Abb. 1 und 2, Taf. 24 207

Marschall. Der elektrische Betrieb der Natalstrecke der südafrikanischen Regierungsbahnen. A. 518*
Martens. Industrielle Unfallverhütung auf der Grundlage der wissenschaftlichen Betriebsführung. Bb. . 414
Marzahn und Kühnel. Der neue Rotguß R 5 im Eisenbahnbetrieb. A. 11*
Meldau. Der Industriestaub. Wesen und Bekämpfung. Bb. 249
Möllering. Die Sicherungseinrichtungen für den Zugverkehr auf den deutschen Bahnen. Bb. 211
Moll. Tränkung von Eisenbahnschwellen in Amerika. A. 373

Nemcsek. Die statistische Behandlung der Bahnunterhaltungskosten. A. Hierzu Taf. 23 188
— Über exzentrische Belastung der Holzschwellen. A. 145*
Nolde. Die neuen Verbrennungstriebwagen der Deutschen Reichsbahn-Gesellschaft und ihre Versuchsergebnisse. A. 213*
Nordmann. Versuchsfahrten mit der verstärkten Gt 96⁰ (2 × 4/4) Lokomotive des ehemals bayerischen Netzes der Deutschen Reichsbahn. A. 231*

Osthoff. Neuzeitlicher Bockkran für die Unterhaltung von Wagen und Lokomotiven. A. Hierzu Taf. 34 319*

Pàl. Plötzliche Wanderungen der Schwellen. A. . . 147*
Pfeiffer und Kümmel. Bau eines Eisenbahndammes durch das Wattenmeer vom Festland nach der Insel Sylt. A. 381*
Pösentrup. Berechnung und Anwendung von Laufzeitlinien. A. 7*
Pokorny. Eine Felssprengung im Gesäuse. A. . . . 463*

Richter. Die neue Lokomotivausbesserungswerkstatt beim Betriebswerk Dresden-Altstadt. A. Hierzu Taf. 49 . . . . . 511*
Riemann. Das neue Eisenbahnbetriebswerk auf Güterbahnhof Erfurt. A. Hierzu Taf. 15 . . . . . 94*
Rihosek. Versuche mit einer Kesselspeisewasser-Vorwärmpumpe Bauart Dabeg. A. Hierzu Taf. 16 . . 121*
Roth. Die Auswechslung des eisernen Überbaues der Schönauer Eisenbahnbrücke in Steyr. A. 451*
— Über die Nachprüfung von Brückentragwerken. A. 449
Roudolf. Selbsttätige Signalanlagen. A. 48*
Rumpf. Neuerungen auf dem Gebiete des Signalwesens. A. Hierzu Taf. 46 . . . . . 467*

Saenger und Burchartz. Versuche mit Hochofenstückschlacke als Gleisbettungsstoff. A. Hierzu Taf. 33 292*
Saller. Dynamische Messungen am Eisenbahnoberbau. Z. 151
— Riffelbildungen an Eisenbahnschienen. A. 394*
Sanders. Die Herstellung der Blattfedern. Bb. . . 380
Scheibe. Wärmeableitung aus den Schienen nach der Bettung und Weglassung der Stoßlücken im Eisenbahngleise. A. 83*
Schläfrig. Neuere Wohnbauten der Österreichischen Bundesbahnen. A. 507*
Schmidt. Der Bau des Hochstraßtunnels der Eisenbahnlinie Friedberg—Pinkafeld. A. Hierzu Taf. 44 und 45 454*
Schmitt. Zur Frage des Reichsoberbaues auf Holzschwellen. A. 309*

Jahrg. 1927 Seite

Schnürer und Hruschka. Elektrisierung der Österreichischen Bundesbahnen. Kraftwerke und Unterwerke. A. Hierzu Taf. 47 und 48 . . . . 475*
Schönberger. Das zweite Betriebsjahr der Schienenschweißungen im Bezirk der Reichsbahndirektion Nürnberg. A. Hierzu Taf. 28 bis 31 . . . . . . 275*
Schultheiß. Der Gleisbauwagen Bauart Hoch. A. . . 186*
Schultheiß, Ludwig. Elektrische Beleuchtungsanlage für Hilfsgerätewagen. A. 324*
Schwaiger. Elektrische Bahnen. Bb. 330
Sedlak. Der Betriebsdienst der Österreichischen Bundesbahnen. A. 420
Seyberth †. Streckenblockung für eingleisige Bahnen mit Blockstellen. A. Hierzu Taf. 38 392
Simmert. Die Personenseilschwebebahnen und deren Entwicklung in Österreich. A. 509*
Steinhagen. Zur Frage der Schienenlänge. A. . . . 279*
Stiasny. Die Oberbauerneuerung im Arlbergtunnel im Jahre 1925. A. 431*

Tolkmitt. Bauaufsicht und Bauführung. Bb. . . 414
Trautvetter. Der neue Speichertriebwagen der Reichsbahn. A. 216
Trnka. Aufgaben des Bau- und Bahnerhaltungsdienstes der Österreichischen Bundesbahnen. A. 415

Uebelacker. Über die Lage des Reibungsmittelpunktes bei arbeitenden Lokomotiven. A. 265*

Jahrg. 1927 Seite

Vollmayr. Über eine neue Anlage zur Absaugung von Rauchkammerlösche aus Lokomotiven. A. . . . 119*

Weidmann. Die Donaubrücke bei Mariaort. A. Hierzu Taf. 18 bis 21 . . . . 157*
Wernekke. Aus der Geschichte des amerikanischen Lokomotivbaues. A. 170*
— Der Bahnhof Markham der Illinois Central-Eisenbahn. A. 244*
— Ein Gleisbett aus Beton. A. 206
— Ein schwieriger Umbau: Bahnhof Cannon Street der englischen Südbahn. A. 149*
— Eine drei- und viergleisige Strecke mit in beiden Richtungen befahrenen Gleisen. A. 517
Widdecke. Erfahrungen mit in Heißdampflokomotiven umgebauten Naßdampflokomotiven. A. 44*
Wirth. Der Oberbau der großen Geschwindigkeiten und großen Achsdrücke: das Gleis auf Federn und festen Stützen. A. 177*, 193*
Wöhrl. Experimentelle Grundlagen der Thermit-Schienenschweißung auf freier Strecke. A. Hierzu Taf. 1 bis 3 . . . . 1*, 21*
— Schienenschweißung auf der freien Strecke und Knickfestigkeit der Eisenbahngleise. A. 384*
— Unkrautvertilgung auf Eisenbahnstrecken. A. . . 224

Zillich. Statik für Baugewerksschulen und Baugewerksmeister. Bb. 72
Zimmermann. Rauchabzüge in Lokomotivschuppen. A. 114*

1927
82. Jahrgang.

Heft 1
15. Januar

ORGAN
FÜR DIE
FORTSCHRITTE DES EISENBAHNWESENS

TECHNISCHES FACHBLATT
DES VEREINS DEUTSCHER
EISENBAHNVERWALTUNGEN



HERAUSGEGEBEN VON
DR. ING. H. UEBELACKER
C. W. KREIDEL'S VERLAG · MÜNCHEN

Inhalt:

Experimentelle Grundlagen der Thermit-Schienenschweifsung auf freier Strecke. A. Wöhrl. 1. — Taf. 1 bis 3.
Berechnung und Anwendung von Laufzeitlinien. Pösentrup. 7.
Der neue Rotgufs R 5 im Eisenbahnbetrieb. Kühnel und Marzahn. 11.
Der neue Heizkesselwagen der elektrisch betriebenen Strecken der italienischen Staatsbahn. Georg Lotter. 15.
Versuchsstrecke mit geschweifsten Schienen auf der russischen Oktoberbahn. 16.
Bauliche Verbesserungen auf den Linien der Paris-Lyon-Mittelmeer-Eisenbahngesellschaft. 16.
Ursachen von Schienenbrüchen u. ihre Verhütung. 17.
Gleisverwerfungen auf russischen Bahnen. 18.
1 C 1 + 1 C 1-h 4 Garratt-Lokomotiven der Rhodesischen Eisenbahn. 18.
Neuartiges Untergestell für Strafsenbahnwagen. 19.
Lokomotiv-Drehgestell aus Stahlgufs. 19.
In einem Stück gegossener Lokomotivrahmen. 20.
Verschiedenes. 20.


BAMAG-MEGUIN

Organ für die Fortschritte des Eisenbahnwesens

Technisches Fachblatt des Vereins Deutscher Eisenbahn-Verwaltungen

Schriftleitung: **Dr. Ing. H. Uebelacker, Nürnberg,** unter Mitwirkung von **Dr. Ing. A. E. Bloss, Dresden.**

82. Jahrgang | **15. Januar 1927** | **Heft 1**

Experimentelle Grundlagen der Thermit-Schienenschweifsung auf freier Strecke.

Von Reichsbahnoberrat **A. Wöhrl**, Nürnberg.

Hierzu Tafel 1 bis 3.

Vor Inangriffnahme der ersten Schienenschweifsungen im bayerischen Eisenbahnnetz, deren Durchführung ich im Sommer 1924 zwecks grundsätzlicher Klärung aller in Betracht kommenden technischen und wirtschaftlichen Fragen anregte und nach Überwindung einiger Schwierigkeiten auch im Herbst 1924 durchführen durfte, war ich mir im Klaren, dafs nur durch experimentelle Forschung ein sicheres Urteil gewonnen werden könne darüber, ob und wie der geschweifste Schienenstofs für den Fortschritt der Eisenbahnen nutzbar gemacht werden kann und ob das letzte wichtigste, von Anfang an den meisten Zweifeln begegnende aber doch erstrebenswerteste Ziel, die Schweifsung der freien Strecke, überhaupt ernstlich in Betracht kommen kann.

Die Schweifsung von Schienenstöfsen auf Brücken und in Tunneln, die ja mit der freien Strecke nicht verglichen werden kann, war schon in Norddeutschland vorausgegangen. Aufserdem stand damals schon die Brauchbarkeit und der Vorteil der Schienenschweifsung für Übergangsstöfse, Herzstücke (das erste wurde auf meine Veranlassung [Herbst 1924] in Nürnberg Rangierbahnhof behelfsmäfsig mit bestem Erfolge geschweifst), dann für Ablaufgleise, für Laufkränze von Drehscheiben, für Schiebebühnengleise usw. fest.

Die Güte der aluminothermischen Schweifsung an sich (die Schweifsung von Gleisstöfsen mittels des elektrischen Lichtbogens hat sich als unbrauchbar erwiesen), an die man lange nicht glaubte und glauben wollte, ist heute wohl kaum mehr anzuzweifeln. Dabei ist zu berücksichtigen, dafs auf Grund der fortschreitenden Erfahrungen ständig an einer Verbesserung des Schweifsverfahrens gearbeitet wird und weitere Fortschritte zweifellos noch zu erwarten sind.

Von den 186 Stöfsen, die im Herbst 1924 in Nürnberg Rangierbahnhof geschweifst wurden, weist bisher keiner auch nur die Spur einer Beschädigung auf trotz des lebhaften Güterzugverkehrs der Richtung Crailsheim—Nürnberg.

Trotzdem würde es als ein grofses Wagnis erscheinen heute schon die Schienenschweifsung auch auf der freien Strecke in gröfseren Längen zuzulassen. Hier sind die Verhältnisse noch nicht genügend geklärt und es bestehen mit Recht die widerstrebendsten Anschauungen. Einzelne Fachleute glauben heute schon, kilometerlange Strecken ohne jegliche Gefahr schweifsen zu können; es wurden tatsächlich auch schon 1920 Vignolschienen (27 kg/m) in Längen von 1000 m auf der Luegallee in Düsseldorf-Oberkassel geschweifst und haben seit dieser Zeit anstandslos im Betrieb gestanden. Die Schienen wurden zum Schutze gegen die Wärmeeinwirkung beiderseits 20 cm breit in Kesselasche eingebettet (siehe Bericht des Generaldirektors M. Schwabe der Rheinischen Bahngesellschaft in Düsseldorf auf dem III. Internationalen Kongrefs Budapest 1925, dann Gleistechnik 1926, Heft 1).

Andere Fachleute wiederum packt es wie Entsetzen, wenn von einer Verschweifsung langer Gleisstrecken der freien Strecke gesprochen wird. Sie können den Gedanken nicht los werden, dafs die Schienen für ihre Ausdehnung den nötigen Spielraum finden müssen und dafs jede Verhinderung — ja schon Erschwerung — dieser Ausdehnung mit Naturnotwendigkeit dazu führen mufs, dafs die Schienen gewaltsam einen Weg suchen und unter Zerstörung der Gleislage seitlich ausweichen (Verwerfungen) und nach Umständen sogar zu schweren Betriebsunfällen Anlafs geben.

Wer selbst solche Verwerfungen erlebt und die hierbei auftretenden gewaltigen Kräfte beobachtet hat, wird die Sorge dieser Fachleute durchaus teilen und verstehen.

Die Verschiedenheit der Anschauungen in den Fachkreisen (siehe auch Organ 1925, Heft 7 und 22) erklärt sich nur daraus, dafs das Gebiet der Schienenausdehnung und der hierbei auftretenden axialen und seitlichen Kräfte, die Ursachen der Verwerfungen, die Widerstände des Gleises (Schienen mit Schwellen) in den verschiedenen Bettungsarten, die Widerstände, die der Verschiebung der Schienen auf den Schwellen bei den verschiedenen Schienenbefestigungsmitteln entgegenwirken, die Widerstände, die die Schwellen in voller Bettung, dann in ausgekofferter Bettung einer Verschiebung entgegensetzen usw., nicht genügend erforscht sind und dafs über die Wechselwirkung zwischen Gleis, Bettung und Wärmeausdehnung der Schienen keine genügenden experimentellen Versuche vorliegen, auf die ein sicheres Urteil gestützt werden könnte.

Der Wert der Schweifsung der freien Strecke ist wohl unbestritten und leuchtet ohne weiteres ein. Die Gleichartigkeit des Gleises ohne Stofs, das ruhige, geräuschlose Fahren, daher die Schonung der Fahrzeuge, die Verminderung der Unterhaltung durch Entfall der Stöfse — dieser Schmerzenskinder der Bahnunterhaltung — die Verminderung der Schienenwanderung und die Ersparnis an Schwellen infolge gleicher Schwellenteilung usw., das alles bietet so viele und grofse Vorteile, dafs die Möglichkeit der Schweifsung der freien Strecke wohl der Prüfung und Forschung sich verlohnt. Der Einwurf, dafs bei Unfällen mit Schienenbeschädigungen, dann bei Gleisumbauten und anderweitiger Verwendung von Langschienen Schwierigkeiten mancherlei Art entstehen, ist im Zeitalter des autogenen Schneideverfahrens und Schweifsens nicht als erheblich zu erachten — vor allem nicht gegenüber den zu gewinnenden Vorteilen und Ersparnissen.

Daraus ergibt sich ohne weiteres die zwingende Notwendigkeit der experimentellen Durchforschung dieses Gebietes, und erst wenn dies restlos erfolgt sein wird, kann der weitere Weg, die Schweifsung gröfserer Schienenlängen der freien Strecke ohne Gefahr eines Rückschlages beschritten werden.

Nichts wäre auch verderblicher, als wenn durch ein unbedachtsames, übereiltes Vorgehen Mifserfolge entstehen würden, die das an sich tadellose, aussichtsreiche aluminothermische Schweifsverfahren in Verruf bringen und die Auswertung des Verfahrens für den Fortschritt der Gleistechnik auf vielleicht viele Jahre zurückwerfen würde.

Bezüglich der chemischen, mikroskopischen und Festigkeitsuntersuchungen verweise ich auf Organ 1925, Heft 22.

Die Fragen, die durch die weitere experimentelle Forschung zunächst geklärt werden müfsten, lassen sich wie folgt zusammenfassen:

1. Welche Längenänderungen der Langschienen sind in unserem Klima (40° C Wärme und 20° C Kälte, zusammen 60° C) zu erwarten

a) bei Schienen, die nicht in Betriebsgleisen liegen und sich ungehindert ausdehnen können (auf Walzen liegend)?

b) bei Schienen der verschiedenen Oberbauarten, die in Betriebsgleisen liegen (Holzschwellen-, Eisenschwellenoberbau) bei den verschiedenen Bettungsarten (Sand, Kies, Schotter)?

2. Welche Wanderungen der Schienen für sich (ohne Schwellenwanderung), dann der Schienen mit Schwellen zusammen, sind bei Langschienen zu erwarten?

3. Welchen Widerstand setzt eine Schwelle (Holz und Eisen) ihrer Verschiebung in der Gleisrichtung in den verschiedenen Bettungsarten (voll eingebettet) entgegen?

4. Welchen Widerstand setzt eine gleiche Schwelle in den gleichen Bettungsarten — aber ausgekoffert — ihrer Verschiebung in der Gleisrichtung entgegen?

5. Welchen Widerstand setzt ein voll eingebettetes Gleis seiner seitlichen Verschiebung (Verwerfung) entgegen?

6. Welchen Widerstand setzt ein ausgekoffertes Gleis seiner seitlichen Verschiebung entgegen?

7. Wodurch entsteht eine Gleisverwerfung und unter welchen Voraussetzungen ist eine solche nur möglich?

Welche Kräfte treten hierbei auf?

8. Welche Schienenlängen können ohne Gefahr geschweifst werden und zwar mit und ohne Ausziehstöfse?

9. Und als letzte und wichtigste Frage: Welche Druck- und Zugspannungen können in Langschienenstrecken ohne Gefahr zugelassen werden?

Ist bei dem Spiel der Kräfte (Druckkräfte im Sommer, Zugkräfte im Winter) nicht ein regelmäfsiger Ausgleich zu erwarten, der gefährliche, zu Betriebsunfällen Anlafs gebende Schienenwanderungen ständig oder periodisch ausgleicht und die Schweifsung von 1000 m-Strecken und mehr gefahrlos erscheinen läfst?

Zu Frage 1 (Messung der Längenänderung der Schienen): In Nürnberg Rangierbahnhof wurde im Herbst 1924 eine Strecke von 1,236 km in der Weise geschweifst, dafs Langschienen mit 60, 84 und 108 m aneinander geschlossen und mit Ausziehstöfsen ausgerüstet wurden, um die Längenänderungen der einzelnen Strecken im Gleis mit Sicherheit feststellen zu können.

Aufserdem wurden aber auch gleiche Langschienen (60, 84, 108 m) aufserhalb der Betriebsgleise frei beweglich auf Rollen gelegt (unverlascht), um gleichzeitig auch die Ausdehnung frei beweglicher Schienen festzustellen.

Schliefslich wurden noch Langschienen (60, 84, 108 m) seitlich auf Schwellen eines Betriebsgleises (Unterlagplatten) aufgeschraubt (nicht befahren), um den Einflufs der Schienenbefestigung auf die Längenänderung festzustellen.

Die im Betriebsgleis eingebauten befahrenen Langschienen liegen in einem Güterzughauptgleis, das zwischen zwei seitlichen Gleisen vollständig eingebettet in rolligem Kies liegt. Die Schienen sind auf den alten Holzschwellen teils mit Nägeln, teils mit Schwellenschrauben befestigt. Die Strecke liegt vor einem Einfahrsignal, ist also einer starken einseitigen Bremswirkung ausgesetzt. Das Gleis steigt in der Fahrrichtung 1 : 180. Um eine gleichmäfsige Ausdehnung der Schienen nach beiden Seiten zu sichern und eine Wanderung möglichst hintanzuhalten, wurden die Schienen in der Mitte mit je vier Stützklemmen (Rambacher) nach beiden Richtungen auf den Schwellen verankert.

Der Versuch erstreckte sich demnach nur auf alten Holzoberbau mit teilweise mangelhafter Befestigung der Schienen auf den Schwellen in der denkbar ungünstigsten Bettung (siehe Organ 1925, Heft 22).

Die Ergebnisse der Messungen der Längenänderungen während des Zeitraumes vom Januar 1925 bis Mitte Juli 1925 sind in den bildlichen Darstellungen (Abb. 1, Taf. 1 und Abb. 4, Taf. 2) ersichtlich gemacht, wobei bemerkt wird, dafs nur ein Teil der gesamten Schaubilder hier Platz finden kann.

Diese bildlichen Darstellungen umfassen:

1. Vier Paar Langschienen zu je 60 m im Gleis eingebaut und befahren (Abb. 1, 1a, Taf. 1).
2. Zwei Paar Langschienen zu je 60 m auf Walzen frei, beweglich, nicht befahren (Abb. 2, Taf. 1).
3. Ein Paar Langschienen zu 60 m auf Schwellen aufgeschraubt, nicht befahren (Abb. 3, Taf. 1).
4. Ein Paar Langschienen zu 84 m auf Walzen frei beweglich, nicht befahren (Abb. 1, Taf. 2).
5. Ein Paar Langschienen zu 84 m auf Schwellen aufgeschraubt, nicht befahren (Abb. 2, Taf. 2).
6. Ein Paar Langschienen zu 108 m auf Walzen frei beweglich, nicht befahren (Abb. 3, Taf. 2).
7. Ein Paar Langschienen zu 108 m auf Schwellen aufgeschraubt, nicht befahren (Abb. 4, Taf. 2).

Zum besseren Verständnis der bildlichen Darstellungen sei folgendes erwähnt:

Die Längenänderungen wurden an den Stöfsen in der Weise gemessen, dafs seitlich dieser Stöfse zu beiden Seiten Holzschwellen auf 1,50 m Tiefe in den Untergrund versenkt und auf deren Köpfen Marken für die Ausgangslage der Schienenenden angebracht wurden.

Die Messung der jeweiligen Längenänderung der Schienenenden gegenüber diesen Marken und zwar die Längenänderung der beiden Schienenenden addiert, ergab die Längenänderung der Langschiene an einem bestimmten Tage bei der betreffenden Lufttemperatur. Die Messungen erfolgten zeitlich stets so, dafs möglichst die Wirkung der Höchsttemperatur, die bei Schienen erst nach einigen Stunden sich geltend macht, festgestellt werden konnte — also im Winter früh morgens, um den Einflufs der Nachtkälte zu erfassen, im Sommer in den ersten Nachmittagsstunden.

Die obere Polygonlinie der bildlichen Darstellung der Längenänderungen gibt die Ausdehnung des Schienenanfanges, die untere die des Endes an. Die Längenänderungen des Schienen*anfanges* sind an der oberen Nullinie in der Weise aufgetragen, dafs +Werte (Verlängerungen), nach oben —Werte (Verkürzungen) nach unten erscheinen, die Längenänderungen des Schienen*endes* an der unteren Nullinie umgekehrt (+Werte nach unten, —Werte nach oben). Die Verlängerungen nach oben liegen zugleich in der Fahrtrichtung.

Es ergibt sich demnach hieraus ein anschauliches Bild, wie die Schienenenden sich gegenseitig nähern (Kälte) bzw. voneinander entfernen (Wärme). Man kann diese Bewegung der Schienen am besten mit »Atmung« bezeichnen. Punktiert ist die jeweils gegenüberliegende Schiene der gleichen Strecke in ihrer Bewegung gekennzeichnet. Wesentliche Unterschiede sind zwischen den beiden Schienen nirgends aufgetreten.

Aufser der »Atmung« kann aus den Schaubildern aber auch klar die Wanderbewegung der im Betriebsgleise liegenden Schienen ersehen werden. Beide Linien rücken in diesem Falle einseitig und unsymmetrisch zu den Nullinien z. B. nach oben, d. h. die Schienenenden haben sich neben der normalen Atmung einseitig nach einer Richtung (Fahrrichtung) verschoben — sie sind gleichzeitig gewandert.

Hierbei ist aber zu bemerken: Wenn eine Schiene sich *einseitig* infolge der verschiedenen inneren Widerstände eines Gleises ausdehnt, so ist dies selbstverständlich nicht als Wanderung anzusprechen. Erst wenn sich beide Schienenenden während der normalen Wärmeausdehnung in einer *Richtung* fortbewegen — wie dies aus Abb. 1, 1a und 3, Taf. 1 klar ersichtlich ist — liegt unbedingt Wanderung vor. Aber auch

dann, wenn nicht beide Schienenenden in einer Richtung sich verschoben haben (Abb. 2, Taf. 2) ist Schienenwanderung anzunehmen und nicht ungleiche Ausdehnung infolge verschiedenen inneren Gleiswiderstandes, weil die sämtlichen Schaubilder der Betriebsstrecke ausnahmslos diese einseitige Verschiebung in der Fahrrichtung aufweisen und eine derartige Gleichheit der Wirkung des inneren Widerstandes der Schienenstrecken nicht angenommen werden kann.

Bezüglich der einzelnen Schaubilder wird folgendes erläuternd bemerkt:

1. Zu Abb. 1, 1a, Taf. 1. Vier Paar Langschienen im Gleis eingebaut und befahren.

Die beiden ausgezogenen Linien (linke Schiene) und auch die gestrichelten Linien (rechte Schiene) zeigen in den Wintermonaten nur geringe Längenänderungen der Langschienen, man erkennt aber bereits deutlich die Wirkung der Wanderung im Betriebsgleis. Beide Linien verschieben sich einseitig nach oben, das heifst die Ausdehnung erscheint einseitig in der Fahrrichtung. Das eine Schienenende dehnt sich aus und wandert zugleich in der Fahrrichtung um ein gröfseres Mafs als die Ausdehnung beträgt, das andere Ende zeigt daher trotz normaler Längenänderung am Mefspfahl eine scheinbare Verkürzung.

Mit dem Eintritt warmer Witterung vom April an entfernen sich die Linien stärker voneinander, die Längenausdehnung wird gröfser, die Linien verlaufen aber wiederum nicht symmetrisch zu den Nullinien, sondern erscheinen infolge Wirkung der Wanderung nach oben (Fahrrichtung) verschoben. Die gröfste Verschiebung infolge der Wanderung ergibt sich am 16. 6. 25 z. B. bei

Abb. 1 zu . . . . 3,10 cm,
Abb. 1a zu . . . . 2,00 cm,
Abb. 3 zu . . . . 2,40 cm,

wenn die Längenänderung symmetrisch zu den Nullinien verlegt wird, das heifst wenn angenommen wird, dafs die Schienen bei Wegfall der Wanderung sich gleichmäfsig nach beiden Seiten ausgedehnt hätten.

Am 16. 4. 25 erscheint im Schaubild ein Steilabfall der beiden Linien. Dies erklärt sich aus einer damals notwendigen Zurückziehung der Schienenstränge (4 bis 7 cm), um wieder normale für die weiteren Messungen und Beobachtungen unbedingt nötigen Stofslücken zu schaffen, da diese infolge Ausdehnung und Wanderung sich fast vollständig geschlossen hatten.

Mit Mitte Juli 1925 wurden die Messungen abgeschlossen, da einerseits wesentlich höhere Temperaturen nicht mehr zu erwarten waren — also ein zuverlässiges Urteil über die Ausdehnung bei höchster und niederster Jahrestemperatur möglich war —, andererseits die Stöfse der Schweissstrecken zwecks weiterer Versuche in der Weise verändert wurden, dafs ein Teil (die Hälfte) des infolge der Längenänderungen auftretenden Zuges und Druckes durch die Stofslaschen aufgenommen, der andere hälftige Teil der Ausdehnung durch den Spielraum in den normalen Laschen ausgeglichen werden sollte. Bei diesem neuen Versuch war eine weitere exakte Messung der Schienenausdehnung nicht mehr möglich, aber auch nicht mehr notwendig.

2. Zu Abb. 2, Taf. 1. Zwei Paar Langschienen von je 60 m auf Walzen frei beweglich, nicht befahren.

Ein Vergleich mit Abb. 1, 1a, Taf. 1 läfst sofort den wesentlichen Unterschied erkennen, dafs hier die »Atmung« gleichmäfsig nach beiden Seiten symmetrisch zu den Nullinien erfolgte, eine Wanderung also nicht auftrat, was ohne weiteres verständlich ist, da die Schienen nicht befahren wurden und sich auf den Walzen gleichmäfsig nach beiden Seiten ausdehnen konnten. Auch der Steilabfall der Linien ab 16. 6. 1925 fehlt, da ja eine Zurückziehung dieser Schienen nicht in Betracht kam.

Über den Unterschied in der Gröfse der Längenausdehnung dieser auf Walzen liegenden Schienen im Vergleich zu den eingebauten und befahrenen Schienen wird weiter unten noch eingehend zu sprechen sein.

3. Zu Abb. 3, Taf. 1. Ein Paar Langschienen zu 60 m auf Schwellen aufgeschraubt, nicht befahren.

Das Schaubild zeigt, dafs hier die Wanderung nicht vollkommen ausgeschaltet war und am Ende der Messungsperiode eine solche von 1,2 cm erscheint. Dies findet seine Ursache darin, dafs diese Schienen auf den Schwellen des Betriebsgleises seitlich aufgeschraubt waren und daher die Wanderung des Betriebsgleises sich auch auf die seitlichen Langschienen teilweise übertrug.

Brauchbar an dem Versuch mit den seitlichen, auf den Betriebsgleisen aufgeschraubten Schienen ist nur die Feststellung, welchen Einflufs die Verbindungsmittel zwischen Schienen und Schwellen (Unterlagplatten und Schwellenschrauben) auf die Gesamtausdehnung der Langschienen auszuüben vermochten.

Hierauf wird weiter unten zurückzukommen sein.

Dieser Versuch erschien auch deshalb angezeigt, weil die in Abb. 1 genannten Langschienen zu 60 m auf den Holzschwellen aufgenagelt waren, also eine wesentlich lockerere Verbindung zwischen Schwellen und Schienen vorhanden war.

4. Zu Abb. 1, Taf. 2. Ein Paar Langschienen zu 84 m auf Walzen frei beweglich, nicht befahren.

Die Längenausdehnung erscheint hier entsprechend der gröfseren Schienenlänge gröfser, im übrigen ist auch hier die Atmung infolge Fehlens irgendwelcher Hemmungen nach beiden Richtungen gleichmäfsig und symmetrisch.

5. Zu Abb. 2, Taf. 2. Ein Paar Langschienen zu 84 m auf Schwellen aufgeschraubt, nicht befahren.

Auch hier erscheint eine Schienenwanderung aus den gleichen Gründen wie bei Abb 3, Taf. 1.

Auf die Gröfse der Längenausdehnung wird weiter unten zurückgekommen.

6. Zu Abb. 3, Taf. 2. Ein Paar Langschienen zu 108 m auf Walzen frei beweglich, nicht befahren.

Das Mafs der Längenausdehnung wird entsprechend der gröfseren Schienenlänge gröfser, die Ausdehnung erfolgt gleichmäfsig und symmetrisch nach beiden Seiten.

7. Zu Abb. 4, Taf. 2. Ein Paar Langschienen zu 108 m auf Schwellen aufgeschraubt, nicht befahren.

Die Längenausdehnung erscheint ziemlich gleichmäfsig und symmetrisch nach beiden Richtungen, der Einflufs der Wanderung im Vergleich zu Abb. 3 Taf. 1 und Abb. 2, Taf. 2 wesentlich geringer.

Linke Schiene erscheint etwa 0,6 cm nach rückwärts gewandert. Dies kann nur auf eine Längenänderung des Betriebsgleises infolge Temperatureinflusses zurückgeführt werden. Eine Wanderung nach rückwärts infolge Einwirkung des Betriebes kann nicht in Frage kommen, da das Gleis nur einseitig befahren wird und in allen Teilen nach vorwärts wanderte.

Die rechte Schiene erscheint etwa 0,35 cm nach vorwärts gewandert.

Diesen geringen Verschiebungen der einen Schiene nach rückwärts, der anderen nach vorwärts, kann bei der wissenschaftlichen Auswertung der Versuche eine besondere Bedeutung nicht beigemessen werden. Sie lassen sich nur erklären aus der Längenänderung des Betriebsgleises infolge der Temperaturschwankungen. Man kann auch beim Vergleich mit Abb. 3, Taf. 1 und Abb. 2, Taf. 2 den Schlufs ziehen, dafs dieses Betriebsgleis infolge der aufgeschraubten Langschienen von 108 m gegen die Wanderung infolge des Betriebes weniger empfindlich geworden sei, die Wanderung also aus diesem Grunde auffällig geringer wurde. Dieser Schlufs ist aber deshalb nicht einwandfrei, weil nicht feststeht, ob nicht an dieser Stelle des Gleises, die von dem Einfahrtsignal rund 1 km

entfernt liegt, ohnedies die Bremswirkung der Betriebslasten an sich wesentlich geringer ist.

Im übrigen wird auf die Zusammenhänge zwischen Schweifsung und Wanderung weiter unten des näheren eingegangen werden.

Soviel über die Schaubilder, die das »Atmen« der Langschienen bei den verschiedenen Temperaturen darstellen.

Berechnung der Ausdehnungsziffern.

Im folgenden soll hieran anschliefsend die Gröfse dieser Längenausdehnung und die sich hieraus ergebenden Ausdehnungsziffern bestimmt werden.

Um die Längenausdehnung der Langschienen und zwar sowohl der eingebauten und befahrenen wie der eingebauten und nicht befahrenen sowie der auf Walzen liegenden nicht befahrenen bei den einzelnen Temperaturen klar beurteilen zu können, wurden die gemessenen Ausdehnungen zeichnerisch aufgetragen, aber nicht nach der Zeit der Messungen geordnet, wie bei Abb. 1 bis 3, Taf. 1, und Abb. 1 bis 4, Taf, 2, sondern in der Weise, dafs an der Abszissenachse die fortlaufenden Temperaturgrade — und + erscheinen und an der Ordinatenachse die jeweils gemessenen Längenausdehnungswerte (siehe Abb. 1 bis 7, Taf. 3).

Aus diesen Schaubildern ergibt sich als zunächst auffällig die Tatsache, dafs bei ein- und derselben Lufttemperatur sehr verschiedene Längenausdehnungswerte erscheinen, dafs also die Ausdehnung der Schienen nicht stets genau mit der an der Luft gemessenen Temperatur übereinstimmt.

Z. B. weist ein Schaubild bei 3—4 cm Gesamtausdehnung im Jahre bis 1,5 cm Unterschied auf. Ferner fällt auf, dafs bei den niederen Temperaturen um 0° herum bis etwa + 10° C fast keine Ausdehnung bemerkbar ist — teilweise sogar noch eine Verkürzung erscheint.

Bei den Kältegraden von 0 bis — 10° C folgen die gemessenen Verkürzungen besser den Temperaturwerten.

Die Schaubilder zeigen also eine sehr starke Streuung der Messungsergebnisse.

Diese Streuung erklärt sich bei den ins Betriebsgleis eingebauten und den seitlich aufgeschraubten Schienen aus der Unregelmäfsigkeit der Ausdehnung infolge des verschiedenen inneren Gleiswiderstandes. Bei jeder noch so geringen Bewegung dieser Schienen infolge der Temperaturschwankungen mufs erst die Spannung oder der Widerstand überwunden werden, der zwischen Schienen und Schwellen und zwischen Schwellen und Bettung besteht (ich will ihn weiterhin als den inneren Widerstand der Gleisbefestigung und Bettung oder kurz wie schon oben wiederholt geschehen als den inneren Widerstand eines Gleises bezeichnen).

Da dieser Widerstand infolge vieler Umstände sehr verschieden sein kann, so wird auch das Bild der Streuung entsprechend verschiedenartig.

Wenn nun auch für die Betriebsgleise die Streuung der Messungsergebnisse teilweise aus dem inneren Widerstand dieser Gleise (die starke Überschreitung der theoretischen Ausdehnungswerte kann aber hierin keinesfalls begründet sein) erklärt werden kann, da dieser die Ausdehnungsbewegung verhindert oder verzögert, so ist eine gleiche Erklärung für die auf Walzen liegenden, frei beweglichen Langschienen nicht möglich. Es mufsten also noch irgendwelche andere physikalische Einflüsse an dieser Streuung beteiligt sein.

Zunächst dachte man an ein Nachhinken der Längenänderungen infolge der inneren Widerstände, dann auch an eine ungleiche Durchwärmung der ganzen Schienenmasse. Beide Gesichtspunkte können aber eine befriedigende Erklärung für die Streuung nicht geben, weil die Messungen zeitlich soweit nach Auftreten der gröfsten bzw. niedersten Temperatur vorgenommen wurden, dafs eine volle Auswirkung dieser Temperatur auf die Schienen gesichert war und anzunehmen ist, dafs mindestens im Laufe des Winters wie des Sommers bei länger andauernder Kälte oder Hitze eine gleiche und gleichmäfsige Temperatur der Schienen eintrat, die Messungsergebnisse also mindestens im Maximum der Kälte und Hitze ein zuverlässiges Ergebnis liefern mufsten. Die weit über die theoretischen Werte hinausgehenden Ausdehnungen und Verkürzungen erheischen eine andere Erklärung.

Gemessen wurde — wie bereits oben ausgeführt — im Winter früh morgens, um den Einflufs der Nachtkälte mit einzubeziehen. Die Temperatur in der Nacht und in den Morgenstunden darf für den Winter als annähernd gleich angesehen werden. Die in Abb. 1 bis 3, Taf. 1 und Abb. 1 bis 4, Taf. 2 eingetragenen Nachttemperaturen weichen auch nicht wesentlich von den Morgentemperaturen ab. Aber selbst wenn bei Nacht eine gröfsere Kälte auftrat als z. Zt. der Messung, so konnte dies nur einige Grade betragen und diese können auf die gesamte Längenänderung keinen wesentlichen Einflufs haben. Das gleiche gilt für die Sommermonate, in denen in den Nachmittagsstunden gemessen wurde, um die Wirkung der höchsten Tagestemperatur voll zu erfassen. Auch hier können kleine Temperaturdifferenzen einen wesentlichen Einflufs auf die Streuung nicht ausgeübt haben, da die Temperaturunterschiede zwischen Mittag und 2^{00} Nachmittag nur gering sind.

Sieht man die Streuung selbst näher an, so ergibt sich, dafs die Ausdehnung einmal weit hinter der theoretisch errechneten zurückbleibt — vielleicht weil der innere Widerstand sehr wirksam war —, das anderemal aber erreicht sie den theoretischen Ausdehnungswert voll, geht aber von diesem nur zögernd zurück, endlich geht sie vielfach weit über den theoretischen Wert hinaus.

Der Verdacht, dafs hier Fehler der Messung vorliegen, ist vollständig ausgeschlossen, diese wurde mit peinlicher Sorgfalt gemacht und kontrolliert.

Will man aus den Schaubildern mit ihren stark streuenden Messungswerten ein brauchbares Ergebnis gewinnen, so mufs davon ausgegangen werden, dafs nur die jeweils für eine bestimmte Lufttemperatur aufgetretenen gröfsten Werte der Ausdehnung und Verkürzung, die doch tatsächlich aufgetreten sind während der Messungsperiode, die Grundlage für die Feststellung des Wärmeausdehnungskoeffizienten bilden können.

In den Schaubildern finden sich drei Linien eingetragen, die ungefähr dem Verlaufe der Messungspunkte folgen und zwar

1. die Linie des errechneten Durchschnittswertes des Ausdehnungskoeffizienten;
2. die Linie des theoretischen Ausdehnungskoeffizienten $\delta = 0{,}0000109 \cdot l = \frac{1}{92000} \cdot l$ bei 1° C;
3. die Linie der wirklich aufgetretenen gröfsten Ausdehnung.

Zu diesen einzelnen Linien des Wärmeausdehnungskoeffizienten ist folgendes zu bemerken:

1. Die Linie des errechneten Durchschnittswertes kann einen brauchbaren Wert nicht liefern, weil die Streuung der Messungswerte zu grofs und zu ungleich ist. Z. B. mufs die Zurückhaltung der Ausdehnung um 0 bis + 10° C herum den Durchschnittswert ganz erheblich falsch beeinflussen. Diese Linie und der hieraus abgeleitete Ausdehnungkoeffizient erscheint daher wertlos.

2. Die Linie des theoretischen Ausdehnungskoeffizienten bietet deshalb hohes Interesse, weil sie zeigt, dafs die wirklich aufgetretenen gröfsten Ausdehnungen wesentlich höher liegen, eine Erscheinung, die zunächst rätselhaft erschien.

Wollte man nicht an der Richtigkeit des für Stahlschienen von der Wissenschaft festgestellten Ausdehnungskoeffizienten oder an der Richtigkeit der Messungen selbst zweifeln, so mufsten

irgendwelche unbekannte physikalische Einflüsse an dieser größeren Ausdehnung Schuld tragen.

Nach längerem Suchen wurde dann auch der Grund der auffälligen Erscheinung gefunden und zwar in der Wirkung der unmittelbaren Sonnenbestrahlung. Durch die Sonnenbestrahlung erleiden die Schienen eine wesentlich größere Erwärmung als die Luft und die gemessenen Ausdehnungen entsprechen daher dem jeweils gemessenen Lufttemperaturgrad plus einem Zuschlag für Sonnenbestrahlung, der mit 30 bis 50% sich aus den Schaubildern errechnet, wenn an dem theoretischen Wert von $\frac{1}{92000}$ festgehalten wird. Unmittelbare Messungen der Luft- und Schienentemperatur ergaben bis 50% Unterschied, das Gleiche gilt für Kälte. Die Messung der Lufttemperatur in der Sonne, im Schatten und der Schienentemperatur ergab z. B. am 18. 9. 26 folgendes interessante Bild:

	Lufttemperatur		Schienen-temperatur
	in der Sonne °C	im Schatten °C	°C
8 15 vorm.	17	14	15
9 00 „	21	20	16
10 00 „	24,5	21	28
11 15 „	25	21,5	30,5
1 00 nachm.	30	26,5	32,5
2 00 „	29	26,0	**39,5**
4 00 „	27	25,0	**39,5**
7 00 „	19	19,0	20,0

3. Die Linie der größten tatsächlich aufgetretenen Ausdehnungen und Verkürzungen ist somit nach dem vorausgehenden einwandfrei begründet und bildet die einzige brauchbare Grundlage für die Feststellung der Ausdehnungskoeffizienten. Dieser ergibt sich zu $\frac{1}{60000}$ bis $\frac{1}{72700}$ gegenüber dem theoretischen Wert von $\frac{1}{92000}$ oder richtiger: Zu der Jahrestemperatur von 60° C müssen 50% für Sonnenbestrahlung und Frostaufspeicherung zugesetzt werden und erst hieraus ergibt sich mittels des wissenschaftlich feststehenden Ausdehnungskoeffizienten von $\frac{1}{92000} \cdot l$ die wirkliche Gesamtausdehnung der Schienen.

Beziehungen zwischen der Ausdehnung der frei beweglichen und der in Betriebsgleisen liegenden Schienen.

Zwischen den Schaubildern der auf Walzen liegenden und der in Betriebsgleise eingebauten und befahrenen Schienen ergibt sich weiterhin folgende außerordentlich wichtige Beziehung, die es ermöglicht, den inneren Widerstand des Betriebsgleises bzw. die Schienenspannung für jede einzelne Messung zu bestimmen:

Da der theoretische Ausdehnungskoeffizient für Stahlschienen mit $\frac{1}{92000}$ feststeht, so können die Abweichungen der Messungsergebnisse der auf Walzen liegenden Schienen von der $\frac{1}{92000}$-Linie nur als Einfluß der Sonnenbestrahlung und der Kälteaufspeicherung aufgefaßt werden.

Da nun die jeweilige Messung der sämtlichen Schienen stets innerhalb $^1/_2$ Stunde erfolgte, so kann die Schienentemperatur aller Schienen für den betreffenden Messungstag gleich der jeweils entsprechenden auf Walzen liegenden angenommen werden. Damit kann dann berechnet werden, welche normale Ausdehnung die Schienen in den Betriebsgleisen hätten erleiden sollen, wenn sie sich unbehindert ausdehnen hätten können. Die Differenz zwischen dieser normalen Ausdehnung der Betriebsgleise und der wirklich aufgetretenen ergibt dann ohne weiteres den Maßstab für die Berechnung des inneren Widerstandes bzw. der Schienenspannung des Betriebgleises.

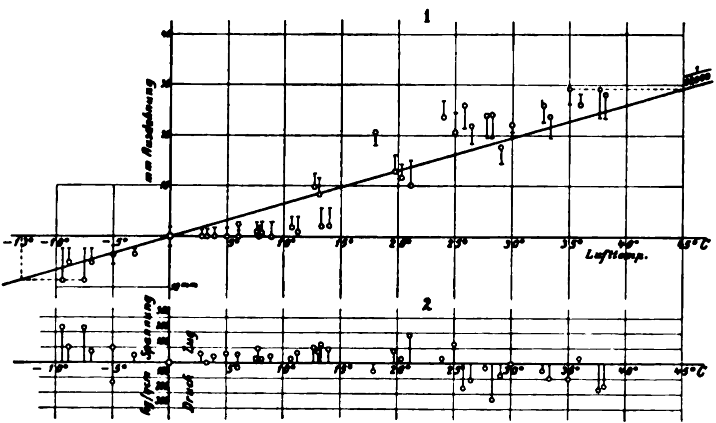


Abb. 1. Vergleich der Längenänderung zweier 60 m langen Schienen, von denen die eine auf Walzenunterlage frei beweglich und nicht befahren, die andere auf Schwellen aufgeschraubt und befahren ist.

In Textabb. 1¹ stellen die ○ die Längenänderung der frei beweglichen Schiene dar, die — die Längenänderung der Schiene des Betriebsgleises. Die Differenzen beider sind proportional den Druck- und Zugkräften, die in den Schienen des Betriebsgleises auftreten.

In Textabb. 1² sind die Druck- und Zugspannungen, die nach Maßgabe der Messungen in 1¹ in der Schiene des Betriebsgleises auftreten, dargestellt.

Das Schaubild (Textabb. 1¹) zeigt in den Kreispunkten (○) die Ausdehnung der auf Walzen liegenden Schiene, wie Abb. 2, Taf. 3 (nur in etwas anderer Form), auf die keinerlei äußere Kräfte wirken. Eine derartige Schiene müßte sich demnach proportional der Temperaturänderung ausdehnen und zusammenziehen. Wenn also die Schiene in ihrer eigenen Temperatur nur der Luftwärme gefolgt wäre, so müßte ihre Längenänderung, als Ordinate aufgetragen, proportional der als Abszisse aufgetragenen Lufttemperatur erscheinen, und das Diagramm eine gerade Linie bilden, die nach Maßgabe des Ausdehnungskoeffizienten von $\frac{1}{92000}$ in der diagonalen Linie des Schaubilds verzeichnet ist. Abweichungen von dieser Linie sind ein Beweis, daß die Temperatur der Schiene von derjenigen der Luft verschieden war. Das Schaubild zeigt, daß dieses in erheblichem Maße der Fall gewesen ist, und zwar liegen die Schienentemperaturen bei größerer Luftwärme oberhalb dieser, in der kälteren Jahreszeit unterhalb dieser.

Das Schaubild zeigt ferner, daß die höchste stattgehabte Schienentemperatur bei 35 und 38° Lufttemperatur gelegen ist und infolge der Sonnenbestrahlung 45° C betragen hat. Die Mindesttemperatur der Schiene lag bei 7 und 9° Lufttemperatur und hat infolge der Kälteaufspeicherung selbst — 13° betragen.

Die Längenänderungen der Schiene im Betriebsgleis nach Abb. 1, Taf. 3 sind durch das Zeichen ⊤ oder ⊥ in dem Schaubild gekennzeichnet. Man sieht, daß die gleichzeitig durchgeführten Messungen der freiliegenden Schiene und der Betriebsschiene erheblich voneinander abweichen, obwohl angenommen werden kann, daß die Temperatur beider Schienen zur Zeit der Messung gleich gewesen ist. Der Grund für diese Verschiedenheit der Längenausdehnung ist, wie bereits oben erwähnt, in der Behinderung dor Betriebsschiene zu suchen, die sie durch ihre Befestigung auf den Schwellen und in den Laschen, ferner durch die Bettung gegen Längenänderung erfährt. Es können hier Reibungskräfte auftreten, die der Längenänderung widerstreben und dabei ziehende und drückende Axialkräfte in der Schiene hervorrufen.

Die Abweichungen der Längenänderung der Betriebsschiene von der freiliegenden Schiene sind allein auf diese axialen Kräfte in der Betriebsschiene zurückzuführen; und da die elastische Längenänderung proportional der axialen Kraft ist, müssen diese Differenzen ein Mafs für die in der Betriebsschiene vorhandenen Kräfte darstellen.

In dem Schaubild sind diese Unterschiede der Längenänderung als + ⫰ oder ⫯ — verzeichnet, die nach oben gerichtet Zug-, nach unten Druckkräfte darstellen. In Textabb. 1[2] sind diese Längen als Ordinaten von einer Horizontalen aus aufgetragen. Um die Gröfse der Spannung festzustellen, ist der Elastizitätskoeffizient von $\frac{1}{2200000}$ für Flufsstahl in Rechnung zu ziehen, der bedingt, dafs ein 60 m langer Stab bei 100 kg Spannung sich um 2,7 mm in seiner Länge verändert. Man erkennt aus Textabb. 1[2], dafs die gröfste Druckspannung in der Schiene des Betriebsgleises bis etwa 250 kg/cm² reicht und (naturgemäfs) bei hohen Tagestemperaturen eingetreten ist. Die gröfsten mittleren Zugspannungen gehen ebenfalls bis etwa 250 kg/cm² und sind in der kalten Jahreszeit aufgetreten.

Dieses Mafs von 250 kg/cm² entspricht, wie aus den nachfolgenden Berechnungen ersichtlich wird, ¹/₄ der gröfsten infolge der Wärmeausdehnung in unserem Klima möglichen Schienenspannung (1090 kg/cm²), das heifst also, der innere Widerstand der 60 m langen Schiene hat zu ¹/₄ die Schienenausdehnung verhindert.

Unmittelbare Messungen (1926) an einer auffälligen Druckstelle der 84 und 108 m langen Versuchsschienen ergaben eine Schienenspannung bis 470 kg/cm², das ist 43 % der gröfstmöglichen Schienenkraft von 1090 kg/cm².

Die auf Walzen liegenden Schienen stellen daher ein Riesenthermometer dar, mit dessen Hilfe ermittelt werden kann:

1. die Schienenausdehnung bei einer bestimmten Lufttemperatur;
2. die gleichzeitig hierbei vorhandene Wärme- oder Kälteaufspeicherung in der Schiene;
3. die Schienenspannung oder der innere Widerstand von Vergleichsstrecken, die in Betriebsgleisen liegen.

Hieraus erhellt zur Genüge die aufserordentliche Wichtigkeit der Messungen an Schienen, die frei beweglich liegen.

Es mufs der theoretischen Wissenschaft überlassen werden, die Wärmeausdehnung der Schienen unter Berücksichtigung aller mitwirkenden Umstände wie vor allem der Sonnenbestrahlung und Kälteaufspeicherung zu erforschen und die vorliegenden Messungen nachzuprüfen, für die experimentelle Grundlage der Schienenschweifsung steht aber die Tatsache fest, dafs sich innerhalb der in unserem Klima üblichen Temperaturgrade von — 20 und + 40° C zusammen 60° C eine wesentlich gröfsere Ausdehnung der Schienen ergibt als diese sich theoretisch aus der Lufttemperatur errechnet. Damit mufs der Oberbaufachmann als mit etwas Gegebenem rechnen und jede Nichtbeachtung dieser Tatsache bei Berechnung der auftretenden Druck- und Zugspannungen müfste als sträflicher Leichtsinn erscheinen, der zu schlimmen Folgen führen kann.

Einzelheiten der Schaubilder.

Zu den einzelnen Schaubildern möge noch einiges erläuternd nachgetragen werden:

Die in Abb. 1 und 1a, Taf. 3 dargestellten zwei Paar Langschienen zu je 60 m im Betriebsgleis eingebaut und befahren, haben keinen so wesentlichen Widerstand an den Befestigungsmitteln (Nägel bzw. Schrauben) gefunden, dafs die Gesamtausdehnung hierdurch irgendwie wesentlich beeinträchtigt worden wäre, wenn auch die Widerstände zu einer gröfseren Streuung Anlafs gegeben haben.

Die eingebauten Schienen dehnten sich daher teils genau so aus wie die auf Walzen liegenden und wiesen den gleichen Ausdehnungskoeffizienten von $\frac{1}{60000}$ auf, teils ergab sich eine etwas geringere Ausdehnung und ein Ausdehnungskoeffizient bis $\frac{1}{72700}$.

Abb. 2, Taf. 3. Ein Paar Langschienen zu je 60 m auf Walzen frei beweglich, nicht befahren.

Der geringere innere Widerstand gegen die Längenänderung ist ohne weiteres im Vergleich zu Abb. 1 und 1a, Taf. 3 zu ersehen. Die Streuung ist daher geringer. Die Ausdehnung übersteigt weit die theoretische Ausdehnungslinie, um 0° bis + 10° herum verhalten sich auch die auf Walzen liegenden Schienen sehr träge, fast passiv gegen Längenveränderung. Eine Erklärung für diesen Umstand finde ich nicht, da die geringen Widerstände der Rollenauflager dieses Verhalten kaum begründen können. Eine wesentliche Bedeutung kommt dem allerdings auch nicht zu, weil wie oben ausgeführt als Grundlage für die Ausdehnung nur die gröfste beobachtete Ausdehnung innerhalb der gröfsten Jahrestemperaturspanne mafsgebend und dazwischen lineare Ausdehnung anzunehmen ist.

Der Ausdehnungskoeffizient ergibt sich zu $\frac{1}{60000}$.

Abb. 3, Taf. 3. Ein Paar Langschienen zu je 60 m auf Schwellen aufgeschraubt, nicht befahren.

Die Schaubilder zeigen ganz ähnliche Form wie Abb. 1 und 1a, Taf. 3. Auch der Ausdehnungskoeffizient ist mit $\frac{1}{60000}$ der gleiche. Der Einflufs der Schwellenschrauben ist also Null.

Abb. 4, Taf. 3. Ein Paar Langschienen zu je 84 m auf Walzen frei beweglich, nicht befahren.

Auch diese Schaubilder weisen keine wesentlichen Unterschiede gegenüber den vorhergehenden besonders gegenüber Abb. 2, Taf. 3 auf. Ausdehnungskoeffizient ist $\frac{1}{60000}$. Auch hier gröfsere Passivität um 0 bis 19° C herum.

Abb. 5, Taf. 3. Ein Paar Langschienen zu je 84 m auf Schwellen aufgeschraubt, nicht befahren.

Streuung etwas gröfser wie bei Abb. 4, Taf. 3, aber sonst gleich. Ausdehnungskoeffizient $= \frac{1}{60000}$. Schwellenschrauben also ohne Einflufs.

Abb. 6, Taf. 3. Ein Paar Langschienen zu je 108 m auf Walzen frei beweglich, nicht befahren.

Streuung geringer, Bild ähnlich wie Abb. 2 und 4, Taf. 3. Um 0° bis + 10° C passiv. Ausdehnungskoeffizient $= \frac{1}{60000}$.

Abb. 7, Taf. 3. Ein Paar Langschienen zu je 108 m auf Schwellen aufgeschraubt, nicht befahren.

Streuung gröfser als Abb. 6, Taf. 3, sonst ohne wesentlichen Unterschied. Ausdehnungskoeffizient $= \frac{1}{60000}$. Schwellenschrauben daher ohne Einflufs.

Aus diesen Schaubildern darf folgendes als experimentell sicher festgestellt angenommen werden:

1. Die Längenänderung von Schienen, die nicht in Betriebsgleise eingebaut sind und sich ohne Hindernisse (auf Walzen) ausdehnen können, beträgt bei Annahme eines gröfsten Jahrestemperaturunterschiedes in unserem Klima von + 40 und — 20 = zusammen 60° C unter Berücksichtigung der Sonnenbestrahlung

bei 60 m Länge . . . . 6 cm,
bei 84 m Länge . . . . 8,4 cm,
bei 108 m Länge . . . . 10,8 cm,

oder $\frac{1}{60000}$ der Länge für 1° C Lufttemperatur.

2. Die Längenänderung von Schienen auf Holzschwellen **aufgenagelt** bzw. mit Schwellenschrauben befestigt, mit Eisenunterlagplatten in einer Bettung aus rolligem Flufskies, Gleis befahren, beträgt bei 60 ° C unter Berücksichtigung der Sonnenbestrahlung

bei 60 m Länge 6,00 cm bzw. 4,95 m

oder $\frac{1}{60000}$ bzw. $\frac{1}{72700}$ der Länge für 1 ° C.

3. Die Längenänderung von Schienen seitlich auf Holzschwellen **aufgeschraubt** mit Eisenunterlagplatten in einer Bettung aus rolligem Flufskies, Gleis nicht befahren, beträgt bei 60 ° C unter Berücksichtigung der Sonnenbestrahlung

bei 60 m Länge . . . . 6 cm,
bei 84 m Länge . . . . 8,4 cm,
bei 108 m Länge . . . . 10,8 cm,

oder $\frac{1}{60000}$ der Länge für 1 ° C.

Diese Werte sind zur Zeit die einzigen, die für Langschienen experimentell festgestellt sind, sie müssen als noch recht dürftig bezeichnet werden im Hinblick auf die eingangs erwähnten notwendigen Feststellungen und Versuche (Ziffer 1 bis 9), vor allem in bezug auf die Ausdehnung von Schienen in modernen Hauptbahngleisen (Holz- und Eisenoberbau) mit ihren weit wirksameren Befestigungsmitteln zwischen Schiene und Schwelle und mit dem wirksameren gröfseren Widerstand der Schotterbettung.

Für kurze normale Schienen in Betriebsgleisen sind Messungen der Temperaturlängenänderungen in der Fachpresse mir nicht bekannt geworden. Lediglich **Bräuning** gibt in seinen »Grundlagen des Gleisbaues«, Seite 29 die Längenänderung von zwölf aufeinanderfolgenden Stofslücken (12 m lange Schienen, Holzoberbau, Bettung unbekannt) während eines Jahres an.

Die Gesamtsumme der Stofsveränderung bei gröfster Kälte (61 mm) und Wärme (93 mm) gibt ein Bild der Gesamtausdehnung dieses Betriebsgleises; es errechnet sich hieraus eine Ausdehnung von $\frac{1}{30000}$ wenn als Lufttemperaturunterschied 60 ° C angenommen werden.

Messungen an 15 m langen Schienen eines 1925 neu gebauten Hauptbahngleises (Holzoberbau), die ich selbst ausführte, ergaben eine ähnlich hohe Wärmeausdehnung. Die Wirkung der Wärme- und Kälteaufspeicherung erscheint also hier besonders auffallend. Die Ausdehnung der Normalschienen erscheint aber stets als sehr stark schwankend, d. h. der innere Widerstand der Gleise ist aufserordentlich verschieden und es geht sicherlich nicht an, der häufig vertretenen Anschauung beizupflichten, dafs die Schienen in Betriebsgleisen etwa nur die Hälfte der Wärmeausdehnung erleiden wie frei bewegliche Schienen.

Wenn man im allgemeinen die Haftfestigkeit der Schwellenschrauben mit 3000 kg annimmt, so errechnet sich ein Widerstand zwischen einer 15 m Schiene und ihren 25 Schwellen von 75 t oder 3 t auf jede Schwelle. Das wäre ein ganz erheblicher Widerstand, doch ist nicht anzunehmen, dafs die Schwellenschraubenköpfe im längeren Betrieb, durch den Abnützungen und Lockerungen eintreten, den Schienenfufs unter 3 t Druck festhalten. Die Schrauben erfordern wohl 3 und mehr t zum Herausziehen aus der Schwelle, aber der Druck auf die Schienen beträgt nur einen Bruchteil dieser Kraft. Bei Eisenoberbau ist zwar die Haftfestigkeit zwischen Schienen und Schwellen wesentlich höher, aber es fehlt auch hier noch die experimentelle Grundlage für eine genaue Beurteilung des inneren Widerstandes. Hierzu kommt, dafs bis heute der Widerstand zwischen Schwellen und Bettung noch nicht genügend erforscht ist und ohne diesen der Gesamtwiderstand eines Gleises nicht bestimmt werden kann. Es ist zu wünschen, dafs weitere Versuchsschweifsungen durchgeführt werden, um das Verhalten des **Eisenoberbaues in Schotter** experimentell festzustellen und damit einen weiteren Beitrag für die experimentellen Grundlagen der Schienenschweifsung auf freier Strecke zu liefern.

Diese Feststellungen sind von aufserordentlicher Bedeutung, denn, wenn einerseits die Ausdehnung der durch keinen Widerstand behinderten Schienen bekannt ist, andererseits die geringere Ausdehnung gleicher Schienen im Zugsgleis bei den verschiedenen Oberbauformen und Bettungen, dann ergibt der Unterschied der Ausdehnung einen genauen Mafsstab für den inneren Widerstand der Gleisbefestigung und Bettung oder für den Widerstand, den jede Schwelle aufzunehmen vermag.

Wir kommen also schon ein gut Stück den Kräftewirkungen in den Gleisen, die eine Funktion des Ausdehnungsmafses sind, näher und es entsteht allmählich eine Grundlage für die Berechnung der auftretenden Zug- und Druckspannungen, sowie auch der bei Gleisverwerfungen wirkenden Kräfte.

Vor allem wird sich dann zweifelsfrei die Frage beantworten lassen, ob in den Stöfsen der Langschienen, und bis zu welchen Längen dieser Schienen, ohne Gefahr die Druck- und Zugspannungen zugelassen werden können, welche nach voller Ausnützung des Spielraumes der Laschen bzw. Ausziehstöfse bei den gröfsten Wärme- und Kältegraden noch restig auftreten werden und verarbeitet werden müssen.

Hier auf Grund experimenteller Forschung klar zu sehen, ist ein unabweisbares Gebot. Denn welcher Bahnmeister könnte und möchte wohl auf gut Glück in seinen Langschienen-Gleisstöfsen Zug und Druck zulassen, ohne zu wissen, welche Gröfse diese Kräfte erreichen? Wer möchte die Verantwortung tragen — vor allem bei geschlossenen Stofslücken —, bei gröfster Hitze zuzusehen und zu warten, ob nicht etwa doch eine Verwerfung oder gar ein Eisenbahnunfall eintritt?

(Schlufs folgt.)

Berechnung und Anwendung von Laufzeitlinien.

Von Reichsbahnrat **Pösentrup**.

Dem praktischen Zweck der nachfolgenden Ausführungen entsprechend sollen zunächst die Unterlagen für die formale Berechnung von Laufzeitlinien so gegeben werden, dafs ohne Rückgriff auf frühere Veröffentlichungen das Verfahren durchgeführt werden kann. Ferner sollen die Voraussetzungen für die richtige Anwendung von Laufzeitlinien angegeben werden.

Bezeichnungen.

1 t (1000 kg) Gewichts- und Krafteinheit.
$\frac{1}{9,81}$ demnach Masseneinheit.
t Zeiteinheit in Sek.
m/Sek. Geschwindigkeit.
φ_g und φ_o reiner Laufwiderstand. Die Zusatzbezeichnungen g und o bezeichnen allgemein einen leeren bedeckten bzw. beladenen offenen Wagen (Schwer- und Leichtläufer).
ϱ Zusatzwiderstand in Bögen.
V Wagengeschwindigkeit.
V_r relative Luftgeschwindigkeit.
W_g und W_o Laufwiderstand aus $V \pm V_r$.

Ein ablaufender Wagen habe an zwei Stellen 1 und 2 des Laufweges die Geschwindigkeiten V_1 und V_2. Die aufgewendeten Beschleunigungsarbeiten zwischen 1 und 2 seien = A und die hemmenden = B auf 1 t Wagengewicht. Dann ist die lebendige Kraft in den beiden Punkten $m V_1^2 : 2$ bzw. $m V_2^2 : 2$ und der Unterschied an Arbeitsvermögen ist

$(m V_2^2 - m V_1^2) : 2$. Dieser mufs gleich der zwischen den beiden Punkten aufgewendeten Arbeit A vermindert um die hemmende B sein.

1) . . . . $(m V_2^2 - m V_1^2) : 2 = A - B$

$$V_2 = \sqrt{\frac{2 \cdot 9{,}81}{1}} \cdot \sqrt{A - B + \frac{1}{9{,}81 \cdot 2} \cdot V_1^2}.$$

2) . . . . . . $V_2 = 4{,}4 \sqrt{A - B + 0{,}05 V_1^2}$.

In der Formel 2 ist die Drehung der Räder nicht berücksichtigt. Dies hat nur dann Zweck, wenn beachtet wird, dafs diese Wirkung auf einen G-Wagen und einen O-Wagen verschieden ist. Nimmt man den Laufkreishalbmesser als Schwerpunktsabstand des Radreifens von der Radmitte, also etwas zu grofs an, so wird hierdurch die Nichtberücksichtigung der übrigen Radmassen ausgeglichen. Die Schwerpunktsgeschwindigkeit ist dann gleich der Wagengeschwindigkeit V. Auf 1 t Gewicht eines leeren G-Wagens komme $^1/_8$ t Radreifengewicht. Die Arbeitsformeln 1 und 2 ändern sich dann:

3) . $(m V_{g_2}^2 + m V_{g_2}^2 : 8) - (m V_{g_1}^2 + m V_{g_1}^2 : 8) = 2 (A - B)$

4) . . . . $V_{g_2} = 4{,}2 \sqrt{A - B + 0{,}05\,8\, V_{g_1}^2}$.

Für einen zweiachsigen etwa 30 t schweren O-Wagen ist das Verhältnis der Radgewichte zum Wagengewicht etwa 1 : 24, und es wird

5) . . . . . . $V_{o_2} = 4{,}4 \sqrt{A - B + 0{,}053\, V_{o_1}^2}$.

Die Beschleunigungsarbeiten werden, abgesehen von Rückenwind, durch Gefälle und möglicher Weise durch einen Beschleunigungsantrieb geleistet. Die Verzögerungen entstehen durch den reinen Laufwiderstand φ, den Zusatzwiderstand ϱ, den Luftwiderstand W, durch Bremsen und Gegengefälle.

Die Werte φ_g und φ_o können bei der Annahme eines starken Gegenwindes zu 4 bzw. 2 kg/t angenommen werden, weil starker Wind im allgemeinen nicht mit grofser Kälte, welche die Werte φ stark anwachsen lassen kann, zusammenfällt. Der Zusatzwiderstand in Bögen möge nach der Formel

6) . . . . $\varrho = \frac{650}{R - 55}$

berechnet werden. Das gibt für einen 20 m langen Weichenbogen $\frac{650}{180 - 55} \cdot 20 = \sim 0{,}10$ m/t $= 0{,}1$ m Gefällverlust und den gleichen Betrag für den Gegenbogen hinter der Weiche.

Von grofsem Einflufs ist der Luftwiderstand. Er ändert sich bekanntlich mit dem Quadrat der Luftgeschwindigkeit. Ist z. B. die Wagengeschwindigkeit in zwei Punkten 1 m und 7 m und ist die Gegenwindgeschwindigkeit in beiden Punkten 5 m, so verhalten sich die Luftwiderstände wie $(1 + 5)^2 : (7 + 5)^2 = 1 : 4$. Wenn ein richtiger Mittelwert für den Luftwiderstand auf einer bestimmten Laufweite angenommen wird an Stelle der mit der Wagengeschwindigkeit wechselnden Einzelwerte, so ändert dies allerdings nicht die Laufweite; aber der Verlauf der Zeitlinien würde ungenau werden. Würde man die Widerstandslinien nach den zeichnerischen Verfahren zunächst nur aus Werten φ und ϱ auftragen, daraus die Wagengeschwindigkeiten V ohne Berücksichtigung der noch unbekannten Luftwiderstände zeichnen und nun eine verbesserte Widerstandslinie aus den so gefundenen Wagengeschwindigkeiten und dem Gegenwind auftragen, so würden die Beträge für die Luftwiderstände in dieser Linie zu grofs eingesetzt, weil die Wagengeschwindigkeiten zu grofs angenommen sind. Es fehlt bei diesem im Gegensatz zu folgendem Verfahren an dem festen Punkt, von welchem ausgegangen wird.

Für den Luftwiderstand aus Gegenwind und Wagengeschwindigkeit gelte die Formel

7) . . . . $W = 0{,}067\, V_r^2$.

Nimmt man das Gewicht eines G-Wagens zu 9 t und die getroffene Fläche zu 7 qm an, so kommt auf 1 t Wagengewicht:

8) . . . . . $W_g = 0{,}067\, V_r^2 \cdot \frac{7}{9} = \sim 0{,}05\, V_r^2$.

Damit der Windschutz durch die in den Richtungsgleisen stehenden Wagen, sofern er nach Messungen nur gering ist, berücksichtigt werde, soll

9) . . . . $W_g = 0{,}04\, V_r^2$

angenommen werden und der entsprechende Widerstand auf den beladenen offenen Wagen:

10) . . . . $W_o = W_g : 4$.

Aus den Formeln 4 und 5 bzw. 9 und 10 sind die Zusammenstellungen I und II berechnet.

Die Widerstände aus $\varphi_g + W_g$ und $\varphi_o + W_o$ lassen sich für die verschiedenen Wagengeschwindigkeiten aus II zu einer Zusammenstellung III abschreiben: φ_g sei $= 4$ kg/t und $\varphi_o = 2$ kg t. Die Geschwindigkeit des Gegenwindes sei durchweg 5 m. Bei 1 m Wagengeschwindigkeit und 5 m Gegenwindgeschwindigkeit

Zusammenstellung I.

n	G-Wagen $4{,}2\sqrt{n}$	O-Wagen $4{,}4\sqrt{n}$	n	G-Wagen $4{,}2\sqrt{n}$	O-Wagen $4{,}4\sqrt{n}$	n	G-Wagen $4{,}2\sqrt{n}$	O-Wagen $4{,}4\sqrt{n}$	n	G-Wagen $4{,}2\sqrt{n}$	O-Wagen $4{,}4\sqrt{n}$
0,05	${}_{42}$0,91	${}_{41}$0,98	0,70	${}_{12}$3,52	${}_{13}$3,68	1,7	${}_{16}$5,47	${}_{17}$5,73	3,0	${}_{12}$7,28	${}_{13}$7,62
0,10	${}_{29}$1,33	${}_{31}$1,39	0,75	${}_{12}$3,64	${}_{12}$3,81	1,8	${}_{16}$5,63	${}_{16}$5,90	3,1	${}_{12}$7,40	${}_{12}$7,75
0,15	${}_{26}$1,62	${}_{26}$1,70	0,80	${}_{12}$3,76	${}_{12}$3,93	1,9	${}_{15}$5,79	${}_{16}$6,06	3,2	${}_{12}$7,52	${}_{12}$7,87
0,20	${}_{22}$1,88	${}_{24}$1,96	0,85	${}_{11}$3,88	${}_{12}$4,05	2,0	${}_{15}$5,94	${}_{15}$6,22	3,3	${}_{12}$7,64	${}_{12}$7,99
0,25	${}_{20}$2,10	${}_{21}$2,20	0,90	${}_{11}$3,99	${}_{12}$4,17	2,1	${}_{14}$6,09	${}_{15}$6,37	3,4	${}_{11}$7,76	${}_{12}$8,11
0,30	${}_{18}$2,30	${}_{19}$2,41	0,95	${}_{10}$4,10	${}_{11}$4,29	2,2	${}_{14}$6,23	${}_{15}$6,52	3,5	${}_{11}$7,87	${}_{12}$8,23
0,35	${}_{17}$2,48	${}_{18}$2,60	1,00	${}_{21}$4,20	${}_{22}$4,40	2,3	${}_{14}$6,37	${}_{14}$6,67	3,6	${}_{11}$7,98	${}_{12}$8,35
0,40	${}_{16}$2,65	${}_{17}$2,78	1,1	${}_{19}$4,41	${}_{20}$4,62	2,4	${}_{13}$6,51	${}_{14}$6,81	3,7	${}_{11}$8,09	${}_{11}$8,47
0,45	${}_{15}$2,81	${}_{15}$2,95	1,2	${}_{18}$4,60	${}_{20}$4,82	2,5	${}_{13}$6,64	${}_{14}$6,95	3,8	${}_{10}$8.20	${}_{11}$8,58
0,50	${}_{15}$2,96	${}_{15}$3,10	1,3	${}_{18}$4,78	${}_{18}$5,02	2,6	${}_{13}$6,77	${}_{14}$7,09	3,9	${}_{10}$8,30	${}_{11}$8,69
0,55	${}_{14}$3,11	${}_{15}$3,25	1,4	${}_{17}$4,96	${}_{18}$5,20	2,7	${}_{13}$6,90	${}_{13}$7,23	4,0	8,40	8,80
0,60	${}_{14}$3,25	${}_{14}$3,40	1,5	${}_{17}$5,13	${}_{18}$5,38	2,8	${}_{13}$7,03	${}_{13}$7,36			
0,65	${}_{13}$3,39	${}_{14}$3,54	1,6	${}_{17}$5,30	${}_{17}$5,65	2,9	${}_{12}$7,16	${}_{13}$7,49			

Zusammenstellung II.

V_l	1	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0	6,5	7,0	7,5	8,0	8,5	9,0	9,5	10,0	10,5	11,0	11,5	12,0	12,5	13,0	13,5	14,0	14,5	15,0
W_g	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4	1,7	2,0	2,3	2,6	2,9	3,2	3,6	4,0	4,4	4,8	5,3	5,8	6,2	6,8	7,3	7,8	8,4	9,0
W_o	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,3	0,3	0,4	0,4	0,5	0,6	0,7	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,5	1,6	1,7	1,8	2,0	2,1	2,3

Zusammenstellung III (Gegenwind 5 m).

Wagengeschwindigkeit V = .	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0	6,5	7,0	7,5	8,0	8,5	9,0	9,5	10,0
G-Wagen : $4 K_g + W_g$ . . .	5,4	5,7	6,0	6,3	6,6	6,9	7,2	7,6	8,0	8,4	8,8	9,3	9,8	10,2	10,8	11,3	11,8	12,4	13,0
O-Wagen : $2 K_g + W_o$ . . .	2,4	2,4	2,5	2,6	2,7	2,7	2,8	2,9	3,0	3,1	3,2	3,3	3,5	3,6	3,7	3,8	4,0	4,1	4,3

ist die relative Luftgeschwindigkeit $V_r = 1 + 5 = 6$ m, und dafür ist der Widerstand W_g nach II = 1,4 kg; demnach $\varphi_g + W_g = 5{,}4$ kg. Für $V_1 = 1{,}5$ ist $\varphi_g + W_g = 5{,}7$ kg usw. Wenn durch die Wagen selbst oder durch sonstigen Windschutz sich die Windstärke von einer Stelle an erheblich ändert, so kann für die Untersuchung von hier an die Zusammenstellung III durch eine zweite ergänzt werden, z. B. für Gegenwind von 3 m, die ebenfalls ohne weiteres aus II niedergeschrieben werden kann.

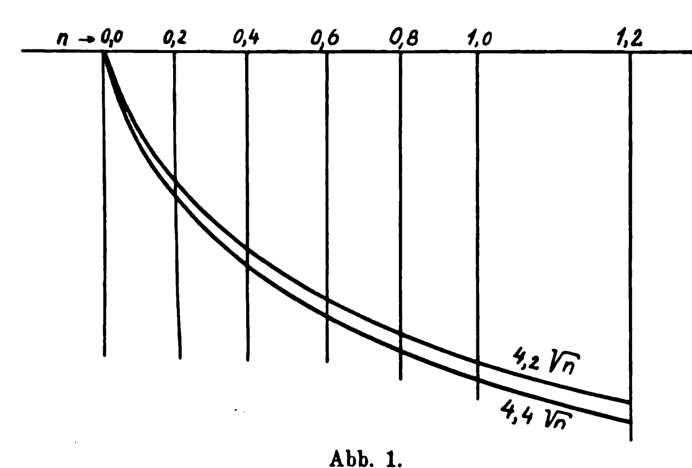


Abb. 1.

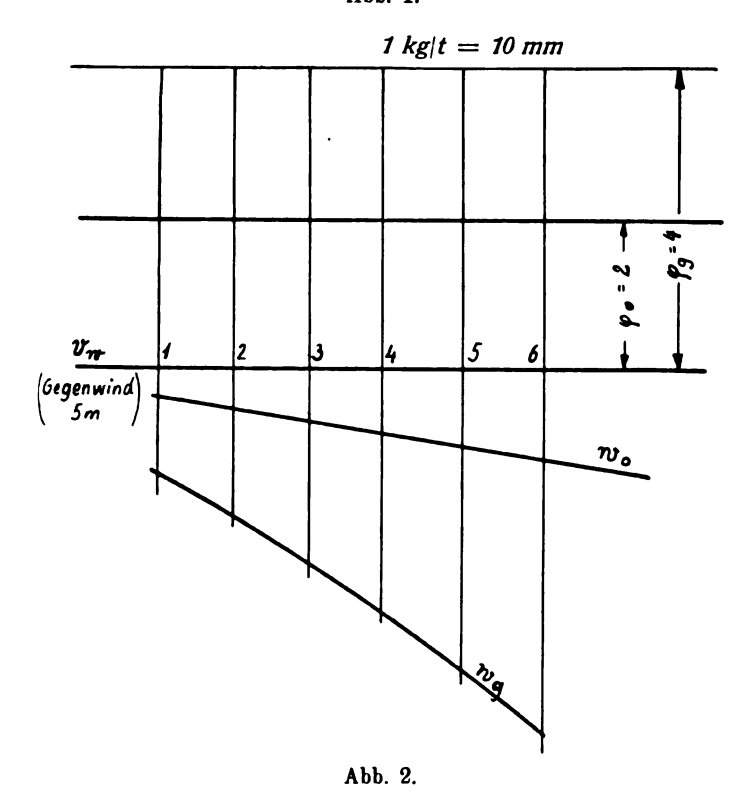


Abb. 2.

Wer lieber mit bildlichen Darstellungen arbeitet, kann sich aus einigen wenigen, den Zusammenstellungen entnommenen Punkten die ihnen entsprechenden Kurven durch eine stetige Verbindung dieser Punkte aufzeichnen, deren Anfang in den Abb. 1 und 2 angegeben ist.

Anwendung.

Die Laufwiderstände seien $\varphi_g = 4$ kg und $\varphi_o = 2$ kg/t, Gegenwind 5 m, Ablaufgeschwindigkeit 0,9 m. Man zeichne die Steilrampe im Maſstab l = 1 : 500 und h = 1 : 50 heraus, wie in Abb. 3 im kleineren Maſsstab angedeutet, greife die Höhen ab und zähle sie zur Nachprüfung zusammen.

Für die rechnerische Prüfung wird der Vermerk zu machen sein: Ungenauigkeiten von V und t bis zu 0,1 m oder 0,1 Sek. sind zulässig. Nach dem Längenschnitt in der Abb. 3 ist dann

V_{g_0} 0,9

$$V_{g_9} = 4{,}2\sqrt{0{,}26 - \frac{9.5{,}7}{1000} + 0{,}058 . 0{,}9^2} = 4{,}2\sqrt{0{,}26^2} = 2{,}1$$

$$t = \frac{2.9}{0{,}9 + 2{,}1} = 6 \text{ Sek.}$$

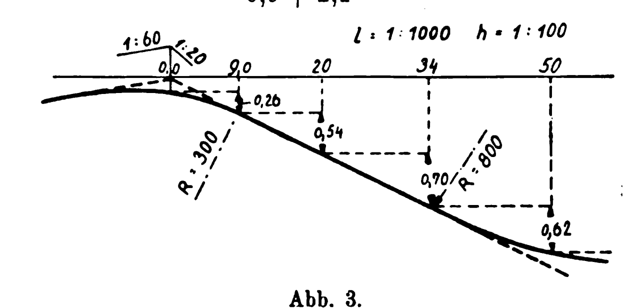


Abb. 3.

Die Geschwindigkeit V_{g_9} war zunächst geschätzt, etwa auf 3 m. Die mittlere Geschwindigkeit zwischen den Punkten 0 und 9 war dann $\frac{0{,}9 + 3{,}0}{2} = \sim 2{,}0$ m und demnach der Luftwiderstand nach III = 6 kg/t. Die Ausrechnung ergab $V_{g_9} = 2{,}1$ m. Demnach ist die mittlere Geschwindigkeit $\frac{0{,}9 + 2{,}1}{2} = 1{,}5$ m/Sek. und der Widerstand 5,7 statt 6,0. Das Ergebnis $V_{g_9} = 2{,}1$ blieb aber. Vom Fuſs der Rampe an ist der Wechsel der Geschwindigkeiten klein. Daher kann dann der mittlere Laufwiderstand so annähernd richtig geschätzt werden, daſs er meist keiner Korrektur mehr bedarf. Der Wert für $4{,}2\sqrt{0{,}26}$ ist aus I entnommen. In ähnlicher Weise wird gefunden:

$$V_{g\,20} = 4{,}2\sqrt{0{,}54 - 11 . 6{,}5 + 0{,}26} = 4{,}2\sqrt{0{,}73} = 3{,}6$$

$$t = \frac{2.11}{2{,}1 + 3{,}6} = 3{,}9//9{,}9.$$

Der Nenner 1000 ist von hier ab fortgelassen. Der Wert für $0{,}058\,V_g^2$ ist von hier ab die Zahl unter den $\sqrt{\ }$ Zeichen der jeweils vorigen Gleichung; er bedarf also keiner Berechnung mehr, denn es ist allgemein $v = \sqrt{2\,g\,h} = \sqrt{2\,g}\sqrt{h}$. Unter Berücksichtigung der Drehung der Räder ist hier $\sqrt{2\,g} = 4{,}2$ und $\frac{1}{2\,g} = 0{,}058$. In der Gleichung $v_{g_9} = 4{,}2\sqrt{0{,}26} = \sqrt{2\,g}\sqrt{h}$ muſs demnach 0,26 die gedachte Fallhöhe h_q bedeuten, d. h. diejenige Fallhöhe, welche allen beschleunigenden und hemmenden Arbeiten einschlieſslich des wirklichen Gefälle entspricht, die bis zum Punkt 9 auf den Wagen eingewir' haben. Allgemein ist $h = \frac{1}{2\,g} . v^2$, also $h_9 = \frac{1}{2\,g}\,v_{g_9}^2$.

$(m V_2^2 - m V_1^2) : 2$. Dieser mufs gleich der zwischen den beiden Punkten aufgewendeten Arbeit A vermindert um die hemmende B sein.

1) . . . . $(m V_2^2 - m V_1^2) : 2 = A - B$

$$V_2 = \sqrt{\frac{2 \cdot 9{,}81}{1}} \cdot \sqrt{A - B + \frac{1}{9{,}81 \cdot 2} \cdot V_1^2}.$$

2) . . . . . . $V_2 = 4{,}4 \sqrt{A - B + 0{,}05 V_1^2}$.

In der Formel 2 ist die Drehung der Räder nicht berücksichtigt. Dies hat nur dann Zweck, wenn beachtet wird, dafs diese Wirkung auf einen G-Wagen und einen O-Wagen verschieden ist. Nimmt man den Laufkreishalbmesser als Schwerpunktsabstand des Radreifens von der Radmitte, also etwas zu grofs an, so wird hierdurch die Nichtberücksichtigung der übrigen Radmassen ausgeglichen. Die Schwerpunktsgeschwindigkeit ist dann gleich der Wagengeschwindigkeit V. Auf 1 t Gewicht eines leeren G-Wagens komme $^1/_8$ t Radreifengewicht. Die Arbeitsformeln 1 und 2 ändern sich dann:

3) . $(m V_{g_2}^2 + m V_{g_2}^2 : 8) - (m V_{g_1}^2 + m V_{g_1}^2 : 8) = 2 (A - B)$

4) . . . . $V_{g_2} = 4{,}2 \sqrt{A - B + 0{,}05\,8\, V_{g_1}^2}$.

Für einen zweiachsigen etwa 30 t schweren O-Wagen ist das Verhältnis der Radgewichte zum Wagengewicht etwa 1 : 24, und es wird

5) . . . . . . $V_{o_2} = 4{,}4 \sqrt{A - B + 0{,}053\, V_{o1}^2}$.

Die Beschleunigungsarbeiten werden, abgesehen von Rückenwind, durch Gefälle und möglicher Weise durch einen Beschleunigungsantrieb geleistet. Die Verzögerungen entstehen durch den reinen Laufwiderstand φ, den Zusatzwiderstand ϱ, den Luftwiderstand W, durch Bremsen und Gegengefälle.

Die Werte φ_g und φ_o können bei der Annahme eines starken Gegenwindes zu 4 bzw. 2 kg/t angenommen werden, weil starker Wind im allgemeinen nicht mit grofser Kälte, welche die Werte φ stark anwachsen lassen kann, zusammenfällt. Der Zusatzwiderstand in Bögen möge nach der Formel

6) . . . . $\varrho = \frac{650}{R - 55}$

berechnet werden. Das gibt für einen 20 m langen Weichenbogen $\frac{650}{180 - 55} \cdot 20 = \sim 0{,}10$ m/t $= 0{,}1$ m Gefällverlust und den gleichen Betrag für den Gegenbogen hinter der Weiche.

Von grofsem Einflufs ist der Luftwiderstand. Er ändert sich bekanntlich mit dem Quadrat der Luftgeschwindigkeit. Ist z. B. die Wagengeschwindigkeit in zwei Punkten 1 m und 7 m und ist die Gegenwindgeschwindigkeit in beiden Punkten 5 m, so verhalten sich die Luftwiderstände wie $(1 + 5)^2 : (7 + 5)^2 = 1 : 4$. Wenn ein richtiger Mittelwert für den Luftwiderstand auf einer bestimmten Laufweite angenommen wird an Stelle der mit der Wagengeschwindigkeit wechselnden Einzelwerte, so ändert dies allerdings nicht die Laufweite; aber der Verlauf der Zeitlinien würde ungenau werden. Würde man die Widerstandslinien nach den zeichnerischen Verfahren zunächst nur aus Werten φ und ϱ auftragen, daraus die Wagengeschwindigkeiten V ohne Berücksichtigung der noch unbekannten Luftwiderstände zeichnen und nun eine verbesserte Widerstandslinie aus den so gefundenen Wagengeschwindigkeiten und dem Gegenwind auftragen, so würden die Beträge für die Luftwiderstände in dieser Linie zu grofs eingesetzt, weil die Wagengeschwindigkeiten zu grofs angenommen sind. Es fehlt bei diesem im Gegensatz zu folgendem Verfahren an dem festen Punkt, von welchem ausgegangen wird.

Für den Luftwiderstand aus Gegenwind und Wagengeschwindigkeit gelte die Formel

7) . . . . $W = 0{,}067\, V_r^2$.

Nimmt man das Gewicht eines G-Wagens zu 9 t und die getroffene Fläche zu 7 qm an, so kommt auf 1 t Wagengewicht:

8) . . . . . $W_g = 0{,}067\, V_l^2 \cdot \frac{7}{9} = \sim 0{,}05\, V_r^2$.

Damit der Windschutz durch die in den Richtungsgleisen stehenden Wagen, sofern er nach Messungen nur gering ist, berücksichtigt werde, soll

9) . . . . $W_g = 0{,}04\, V_r^2$

angenommen werden und der entsprechende Widerstand auf den beladenen offenen Wagen:

10) . . . . $W_o = W_g : 4$.

Aus den Formeln 4 und 5 bzw. 9 und 10 sind die Zusammenstellungen I und II berechnet.

Die Widerstände aus $\varphi_g + W_g$ und $\varphi_o + W_o$ lassen sich für die verschiedenen Wagengeschwindigkeiten aus II zu einer Zusammenstellung III abschreiben: φ_g sei $= 4$ kg/t und $\varphi_o = 2$ kg t. Die Geschwindigkeit des Gegenwindes sei durchweg 5 m. Bei 1 m Wagengeschwindigkeit und 5 m Gegenwindgeschwindigkeit

Zusammenstellung I.

n	G-Wagen $4{,}2\sqrt{n}$	O-Wagen $4{,}4\sqrt{n}$	n	G-Wagen $4{,}2\sqrt{n}$	O-Wagen $4{,}4\sqrt{n}$	n	G-Wagen $4{,}2\sqrt{n}$	O-Wagen $4{,}4\sqrt{n}$	n	G-Wagen $4{,}2\sqrt{n}$	O-Wagen $4{,}4\sqrt{n}$
0,05	$_{42}$0,91	$_{41}$0,98	0,70	$_{12}$3,52	$_{13}$3,68	1,7	$_{16}$5,47	$_{17}$5,73	3,0	$_{12}$7,28	$_{13}$7,62
0,10	$_{29}$1,33	$_{31}$1,39	0,75	$_{12}$3,64	$_{12}$3,81	1,8	$_{16}$5,63	$_{16}$5,90	3,1	$_{12}$7,40	$_{12}$7,75
0,15	$_{26}$1,62	$_{26}$1,70	0,80	$_{12}$3,76	$_{12}$3,93	1,9	$_{15}$5,79	$_{16}$6,06	3,2	$_{12}$7,52	$_{12}$7,87
0,20	$_{22}$1,88	$_{24}$1,96	0,85	$_{11}$3,88	$_{12}$4,05	2,0	$_{15}$5,94	$_{15}$6,22	3,3	$_{12}$7,64	$_{12}$7,99
0,25	$_{20}$2,10	$_{21}$2,20	0,90	$_{11}$3,99	$_{12}$4,17	2,1	$_{14}$6,09	$_{15}$6,37	3,4	$_{11}$7,76	$_{12}$8,11
0,30	$_{18}$2,30	$_{19}$2,41	0,95	$_{10}$4,10	$_{11}$4,29	2,2	$_{14}$6,23	$_{15}$6,52	3,5	$_{11}$7,87	$_{12}$8,23
0,35	$_{17}$2,48	$_{18}$2,60	1,00	$_{21}$4,20	$_{22}$4,40	2,3	$_{14}$6,37	$_{14}$6,67	3,6	$_{11}$7,98	$_{12}$8,35
0,40	$_{16}$2,65	$_{17}$2,78	1,1	$_{19}$4,41	$_{20}$4,62	2,4	$_{13}$6,51	$_{14}$6,81	3,7	$_{11}$8,09	$_{11}$8,47
0,45	$_{15}$2,81	$_{15}$2,95	1,2	$_{18}$4,60	$_{20}$4,82	2,5	$_{13}$6,64	$_{14}$6,95	3,8	$_{10}$8.20	$_{11}$8,58
0,50	$_{15}$2,96	$_{15}$3,10	1,3	$_{18}$4,78	$_{18}$5,02	2,6	$_{13}$6,77	$_{14}$7,09	3,9	$_{10}$8,30	$_{11}$8,69
0,55	$_{14}$3,11	$_{15}$3,25	1,4	$_{17}$4,96	$_{18}$5,20	2,7	$_{13}$6,90	$_{13}$7,23	4,0	8,40	8,80
0,60	$_{14}$3,25	$_{14}$3,40	1,5	$_{17}$5,13	$_{18}$5,38	2,8	$_{13}$7,03	$_{13}$7,36			
0,65	$_{13}$3,39	$_{14}$3,54	1,6	$_{17}$5,30	$_{17}$5,65	2,9	$_{12}$7,16	$_{13}$7,49			

Zusammenstellung II.

V_l	1	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0	6,5	7,0	7,5	8,0	8,5	9,0	9,5	10,0	10,5	11,0	11,5	12,0	12,5	13,0	13,5	14,0	14,5	15,0
W_g	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4	1,7	2,0	2,3	2,6	2,9	3,2	3,6	4,0	4,4	4,8	5,3	5,8	6,2	6,8	7,3	7,8	8,4	9,0
W_o	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,3	0,3	0,4	0,4	0,5	0,6	0,7	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,5	1,6	1,7	1,8	2,0	2,1	2,3

Zusammenstellung III (Gegenwind 5 m).

Wagengeschwindigkeit V =	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0	6,5	7,0	7,5	8,0	8,5	9,0	9,5	10,0
G-Wagen: $4\,K_g + W_g$	5,4	5,7	6,0	6,3	6,6	6,9	7,2	7,6	8,0	8,4	8,8	9,3	9,8	10,2	10,8	11,3	11,8	12,4	13,0
O-Wagen: $2\,K_g + W_o$	2,4	2,4	2,5	2,6	2,7	2,7	2,8	2,9	3,0	3,1	3,2	3,3	3,5	3,6	3,7	3,8	4,0	4,1	4,3

ist die relative Luftgeschwindigkeit $V_r = 1 + 5 = 6$ m, und dafür ist der Widerstand W_g nach II $= 1{,}4$ kg; demnach $\varphi_g + W_g = 5{,}4$ kg. Für $V_1 = 1{,}5$ ist $\varphi_g + W_g = 5{,}7$ kg usw. Wenn durch die Wagen selbst oder durch sonstigen Windschutz sich die Windstärke von einer Stelle an erheblich ändert, so kann für die Untersuchung von hier an die Zusammenstellung III durch eine zweite ergänzt werden, z. B. für Gegenwind von 3 m, die ebenfalls ohne weiteres aus II niedergeschrieben werden kann.

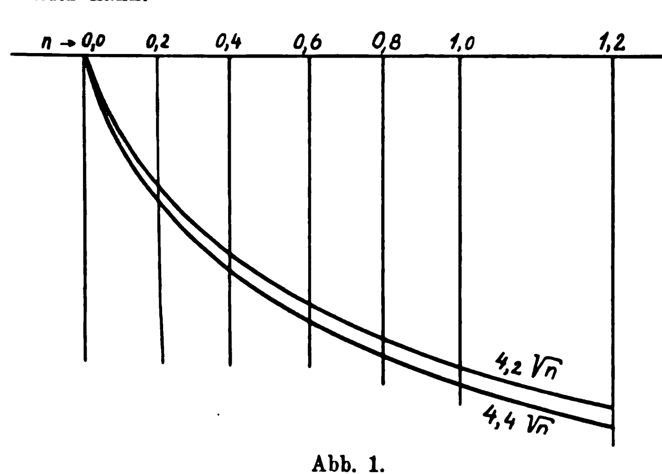


Abb. 1.

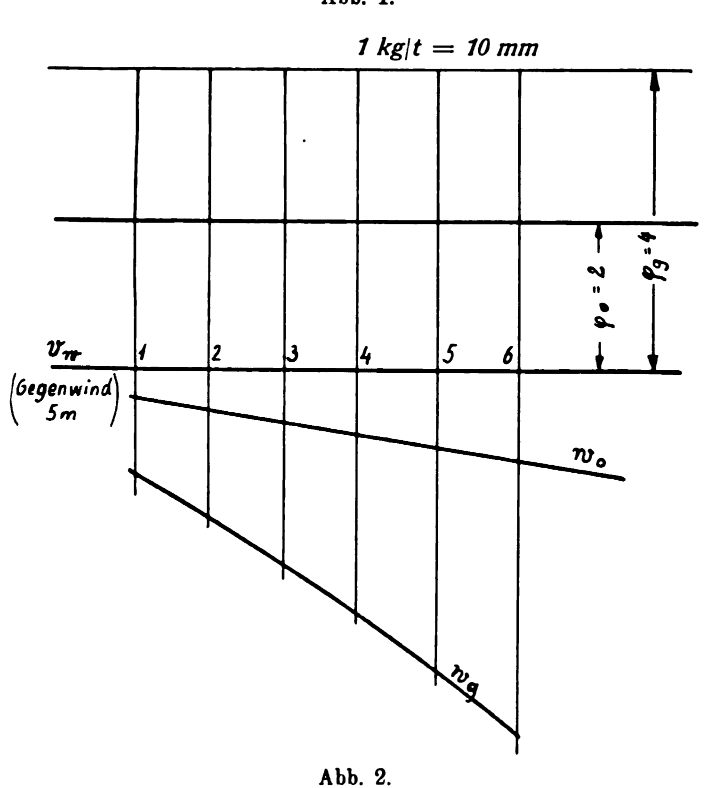


Abb. 2.

Wer lieber mit bildlichen Darstellungen arbeitet, kann sich aus einigen wenigen, den Zusammenstellungen entnommenen Punkten die ihnen entsprechenden Kurven durch eine stetige Verbindung dieser Punkte aufzeichnen, deren Anfang in den Abb. 1 und 2 angegeben ist.

Anwendung.

Die Laufwiderstände seien $\varphi_g = 4$ kg und $\varphi_o = 2$ kg/t, Gegenwind 5 m, Ablaufgeschwindigkeit 0,9 m. Man zeichne die Steilrampe im Mafsstab $l = 1:500$ und $h = 1:50$ heraus, wie in Abb. 3 im kleineren Mafsstab angedeutet, greife die Höhen ab und zähle sie zur Nachprüfung zusammen.

Für die rechnerische Prüfung wird der Vermerk zu machen sein: Ungenauigkeiten von V und t bis zu 0,1 m oder 0,1 Sek. sind zulässig. Nach dem Längenschnitt in der Abb. 3 ist dann

V_{g_0} 0,9

$$V_{g_9} = 4{,}2\sqrt{0{,}26 - \frac{9.5{,}7}{1000} + 0{,}058\,.\,0{,}9^2} = 4{,}2\sqrt{0{,}26^{2}} = 2{,}1$$

$$t = \frac{2\,.\,9}{0{,}9 + 2{,}1} = 6 \text{ Sek.}$$

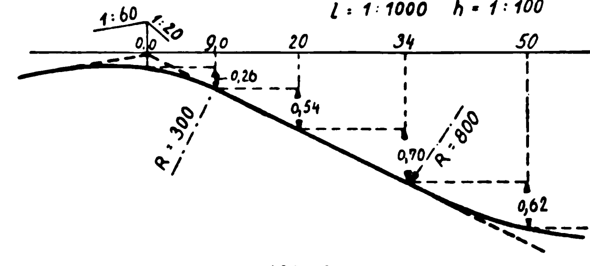


Abb. 3.

Die Geschwindigkeit V_{g_9} war zunächst geschätzt, etwa auf 3 m. Die mittlere Geschwindigkeit zwischen den Punkten 0 und 9 war dann $\frac{0{,}9 + 3{,}0}{2} = \sim 2{,}0$ m und demnach der Luftwiderstand nach III $= 6$ kg/t. Die Ausrechnung ergab $V_{g_9} = 2{,}1$ m. Demnach ist die mittlere Geschwindigkeit $\frac{0{,}9 + 2{,}1}{2} = 1{,}5$ m/Sek. und der Widerstand 5,7 statt 6,0. Das Ergebnis $V_{g_9} = 2{,}1$ blieb aber. Vom Fufs der Rampe an ist der Wechsel der Geschwindigkeiten klein. Daher kann dann der mittlere Laufwiderstand so annähernd richtig geschätzt werden, dafs er meist keiner Korrektur mehr bedarf. Der Wert für $4{,}2\sqrt{0{,}26}$ ist aus I entnommen. In ähnlicher Weise wird gefunden:

$$V_{g\,20} = 4{,}2\sqrt{0{,}54 - 11\,.\,6{,}5 + 0{,}26} = 4{,}2\sqrt{0{,}73} = 3{,}6$$

$$t = \frac{2\,.\,11}{2{,}1 + 3{,}6} = 3{,}9//9{,}9.$$

Der Nenner 1000 ist von hier ab fortgelassen. Der Wert für $0{,}058\,V_g^2$ ist von hier ab die Zahl unter den $\sqrt{}$ Zeichen der jeweils vorigen Gleichung; er bedarf also keiner Berechnung mehr, denn es ist allgemein $v = \sqrt{2\,g\,h} = \sqrt{2\,g}\sqrt{h}$. Unter Berücksichtigung der Drehung der Räder ist hier $\sqrt{2\,g} = 4{,}2$ und $\frac{1}{2\,g} = 0{,}058$. In der Gleichung $v_{g_9} = 4{,}2\sqrt{0{,}26} = \sqrt{2g}\sqrt{h}$ mufs demnach 0,26 die gedachte Fallhöhe h_q bedeuten, d. h. diejenige Fallhöhe, welche allen beschleunigenden und hemmenden Arbeiten einschliefslich des wirklichen Gefälle entspricht, die bis zum Punkt 9 auf den Wagen eingewir' haben. Allgemein ist $h = \frac{1}{2\,g}\,.\,v^2$, also $h_9 = \frac{1}{2\,g}\,v_{g_9}^2$. N r

ist aber, wie nachgewiesen wurde, h_9 und somit $\frac{1}{2g} v_{g_9}^2$ in der Gleichung für $v_{g_{20}}$ der Ausdruck unter dem $\sqrt{\ }$ Zeichen in der Gleichung $v_{g_9} = 4{,}2 \sqrt{0{,}26}$.

$$V_{g\,34} = 4{,}2 \sqrt{0{,}70 - 14 . 7{,}2 + 0{,}73} = 4{,}2 \sqrt{1{,}33} = 4{,}8$$

$$t = \frac{2 . 14}{3{,}6 + 4{,}8} = 3{,}3 // 13{,}2$$

$$V_{g\,50} = 4{,}2 \sqrt{0{,}62 - 0{,}10 - 16 . 8{,}1 + 1{,}33} = 4{,}2 \sqrt{1{,}72} = 5{,}5$$

$$t = \frac{2 . 16}{4{,}8 + 5{,}5} = 3{,}1 // 16{,}3$$

0,1 ist der Widerstand eines Weichenbogens.

Die Laufzeiten t unter den schrägen Strichen // sind die Gesamtlaufzeiten von Punkt o bis zum untersuchten Punkt, z. B. 13,2 + 3,1 = 16,3. Dies erleichtert die genaue Auftragung der Laufzeitlinien.

Die Teilstrecken sind, je näher dem Gipfel, umso kürzer zu nehmen. Vom Rampenfuſs an werden sie zweckmäſsig zu 50 m angenommen. Die Laufzeitlinie zwischen dem Haltepunkt und dem vorletzten Punkt wird freihändig gezogen. Ein Teil einer Laufzeitlinie läſst sich vielfach für eine zweite Laufzeitlinie desselben Wagens auf verändertem Profil benutzen. Angenommen, das erste Profil ergebe in Punkt 250 dieselbe Geschwindigkeit, wie ein zweites höheres Profil im Punkt 280. Der Verlauf der Zeitlinie vom Punkt 280 an ist dann gleich dem der ersten vom Punkt 250 an, wenn nicht hinter 280 noch Krümmungen oder Gefällwechsel liegen.

Bei der Auswertung der Laufzeitlinien ist zu beachten, daſs die absoluten Zeitwerte weniger wichtig sind, als die Vergleichswerte, welche gewonnen werden, wenn man z. B. für verschiedene Ablaufprofile unter sonst genau gleichen Annahmen die Laufzeitlinien ermittelt. Sie zeigen das vergleichsweise günstigste Profil. Dabei kommt es nicht sehr darauf an, ob die Werte φ_g und φ_0 zu 4 und 2 kg oder zu 5 und 2,5 kg angenommen werden, oder ob die Luftwiderstände nach der Formel $W = 0{,}04$ oder $0{,}05\ V_l^2$ berechnet werden. Das Profil, welches für die kleineren Werte am günstigsten ist, wird es auch für die etwas gröſseren sein. Wichtig ist aber eine genaue Ermittlung der Zeitlinien an Hand der einmal gemachten Annahmen und Formeln, damit sie genauen Aufschluſs über die Wirkung auch kleiner Änderungen, z. B. des Längenprofils, geben.

Aus dem gleichen Grunde kann man auch auf die Eintragung der Pufferabstandslinien neben den Laufzeitlinien verzichten, zumal weil sie die Übersicht beeinträchtigen und für die vergleichsweise Auswertung nicht geeigneter sind als die ursprünglichen Zeitlinien. Im übrigen handelt es sich genau genommen weniger um die Pufferabstandslinien, als um die Feststellung, welche Zeit noch zum Umstellen einer Weiche, bei welcher die Zeitlinien sich nahe kommen, übrig bleibt. Das Umstellen einer Weiche kann beginnen, sobald die letzte Achse des Vorläufers die Zungenwurzel verlassen hat und muſs beendet sein, wenn die erste Achse des Nachläufers die Zungenspitzen erreicht. In der Abb. 4 stellen die geneigten Linien die Laufzeitlinien dar. Die Zungen von der Länge l werden frei, wenn der Vorläufer mit dem Achsabstand s, angedeutet durch die zwei Radkreise, die Stelle 1 erreicht hat. In diesem Augenblick befindet sich die Mitte des Nachläufers im Punkt 2. Die Weiche muſs umgestellt sein, wenn er die Stelle 3 erreicht hat. Die Laufzeit z des Nachläufers zwischen 2 und 3 ist die für das Umstellen verbleibende Zeit.

Mit der formell richtigen Ermittlung der Laufzeitlinien t allerdings noch nicht viel getan. Es wäre z. B. nicht htig, für einen bestehenden Ablaufberg etwa unter der Anme von 5 m Gegenwind Zeitweglinien zu zeichnen und ihnen zu folgern, daſs die vorhandene Berghöhe nicht zweckmäſsig sei. Das wäre ebenso verfehlt, als wenn jemand eine Brücke berechnete, bevor über ihre lichte Weite entschieden ist. Es sind zuvor eingehende Überlegungen und sorgfältige örtliche Feststellungen notwendig, etwa in folgender Richtung:

Entstehen gröſsere Störungen durch Gegenwind oder durch Kälte?

An wieviel Tagen im Jahr muſs eine Lokomotive zum Beidrücken der Wagen eingestellt werden?

An wieviel Tagen müssen einige Gleise auſser Betrieb gesetzt werden, weil die Schwerläufer sie kaum mehr erreichen?

Wie groſs ist an diesen Tagen der aus der Fallhöhe und Laufweite leicht zu ermittelnde durchschnittliche Laufwiderstand $\varphi + W$ der Schwerläufer nach Abzug der Kurvenwiderstände ϱ?

In welchem Grade ist eine durch Versuche festgestellte Verbesserung möglich, wenn mehrere G-Wagen in einem der äuſsersten Gleise als Windschutz vorübergehend aufgestellt werden, oder wenn sonstiger Windschutz geschaffen wird?

Was wird betrieblich erreicht, wenn Schwerläufer unter gleich ungünstigen Witterungsverhältnissen z. B. 50 m weiterliefen?

Wie wirken sich die Störungen wirtschaftlich aus?

Welche Nachteile stehen dabei dem Gewinn gegenüber? (Stärkere Drucklokomotive, Steigerung der Rangierschäden, stärkere Abnutzung der Bremsmittel).

Wenn ein Rangierbahnhof gut geleitet wird, so kann angenommen werden, daſs der Ablaufberg die den Verhältnissen angepaſste Höhe hat. Erst wenn eine örtliche Nachprüfung ergeben hat, daſs es unter Berücksichtigung aller Vor- und Nachteile wirtschaftlich sein würde, daſs z. B. bei 5 m Gegenwind die Schwerläufer in bestimmten Gleisen bis zum Punkt 350 statt bis 300 liefen, so würde hier erst die Berechnung der erforderlichen Berghöhe unter Benutzung der bei 5 m Gegenwind festgestellten Laufwiderstände einsetzen können.

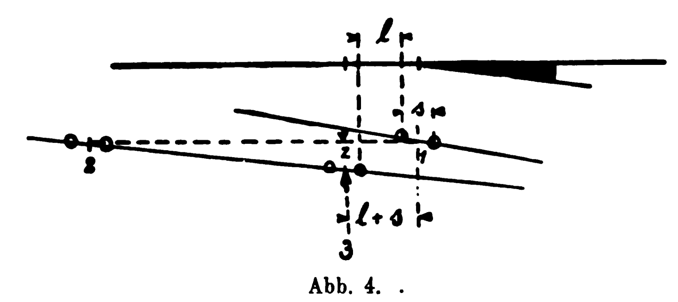


Abb. 4.

Meistens wird sich die Untersuchung auch auf die Änderung des Längenprofils und der Gleisentwicklung erstrecken nach folgenden Gesichtspunkten:

Steiles Berggefälle (1:20), scharfe Ausrundung am Gipfel (r = 300 m) und am Fuſse der Rampe (r = 800), daran anschlieſsend schwaches durchgehendes Gefälle (1:800), damit Wagen nicht bei Gegenwind oder infolge von Gleisunebenheiten zurücklaufen. Abstand des Gipfels von der ersten Verteilungsweiche 20 m. Gleis auf der Steilrampe gerade und auf die Mitte der Gleisgruppe zulaufend. Gleise in zwei oder mehr Bündeln entwickeln. Die äuſseren Gleise zuerst abzweigen. Hemmschuh- oder sonstige Bremsen in die Stammgleise der Bündel legen. Richtungsgleise in ganzer Länge, oder wenigstens im ersten Drittel gerade, abgesehen von den Entwicklungsbögen.

Die angegebenen Zahlen sollen natürlich nur einen Anhalt geben. Nach einer Untersuchung im Organ f. F. 1926, S. 204, letzter Abschnitt, kann der Ausrundungshalbmesser am Gipfel 200 m sein. Mit Rücksicht auf unvermeidliche Ungenauigkeiten wird r = 300 m anzunehmen sein.

Wenn die Rampe ein Gefälle, welches als höchstens zu-

lässig angesehen wird, erhält, so kann ein »Winterberg« nur durch Abrückung des Ablaufpunktes von den Verteilungspunkten angelegt werden. Ferner wird die Gleisentwicklung von zwei Ablaufgleisen aus länger. Diese Umstände sprechen gegen einen Winterberg. Wenn also eine durchgreifende Änderung in Frage kommt, wird die Beseitigung eines etwa vorhandenen Winterberges zu erwägen sein. Wie weit diesen Gesichtspunkten bei der Änderung einer bestehenden Anlage mit Rücksicht auf die Umbaukosten Rechnung getragen werden kann, ist eine wirtschaftliche Frage.

Für Neuanlagen gelten die gleichen Gesichtspunkte. Die wirtschaftliche Frage tritt hier insoweit zurück, als ein Rangierbahnhof mit zweckmäfsigem Profil und guter Gleisentwicklung nicht mehr kostet, als ein fehlerhaft angelegter, abgesehen von der Zahl der Stammgleise, weil sich nach ihr die Zahl der Bremsen richtet.

Der neue Rotgufs R 5 im Eisenbahnbetrieb.

Von Dr. **Kühnel** und Dr. **Marzahn**, Reichsbahnräten im Eisenbahn-Zentralamt.

Über die Eigenschaften und den Aufbau von Rotgufs finden sich im Schrifttum eine ganze Reihe von Mitteilungen, die jedoch für den besonderen Zweck des Eisenbahnbetriebes nicht verwertbar sind. Zur Zeit besteht auch allgemein wohl noch die Erscheinung, dafs die Konstrukteure über die wirklichen Eigenschaften von Rotgufs bzw. Bronzelegierungen keine näheren Unterlagen besitzen, infolgedessen lediglich Rotgufs oder Bronze vorschlagen und den Erzeugern die Wahl der Legierungen überlassen. Damit ergeben sich aber auch für den Hersteller Schwierigkeiten, da ihm die Art der Beanspruchung meist nicht bekannt ist und der Konstrukteur keine Angaben über Festigkeit, Härte, Abnutzungsbeständigkeit usw. gemacht hat. Im Reichsbahnbetrieb wird seit Kriegsende eine Einheitslegierung von der Zusammensetzung 85 Cu, 9 Sn, 6 Zn verwandt. Diese Legierung wurde offenbar auf Grund älterer Erfahrungen gewählt, weil sie nach ihrer Zusammensetzung die Eigenschaften in sich vereinigt, die sie sowohl für die Verwendung zu Ausrüstungsteilen als auch für Gleitstücke und Lager geeignet machen. Nähere Angaben über die mechanischen Eigenschaften fanden sich jedoch bisher auch nicht. Nun stellte sich aber im Laufe der folgenden Jahre heraus, dafs diese Legierung zwar mechanisch den Ansprüchen genügte, dafs sich aber bei der Herstellung verschiedene Schwierigkeiten ergaben, die die Zweckmäfsigkeit dieser Zusammensetzung zweifelhaft erscheinen liefsen. Eine dieser Schwierigkeiten wurde in Zusammenarbeit mit den Metallhütten verhältnismäfsig schnell erkannt. Es war dies eine Anreicherung des Schwefels, die genau wie beim Gufseisen während der Kriegsjahre dadurch entstanden war, dafs Neumetalle nicht mehr in den Fertigungsgang eingeführt werden konnten. Nachdem aber die schädliche Wirkung des Schwefels erkannt und sein Nachweis im Gefüge möglich war, gelang es den Hütten bald, den im Altstoff vorhandenen Schwefel bei der Umhüttung wieder auf ein normales Mafs herabzudrücken, so dafs seit etwa 1923 Schwierigkeiten, die auf diesen Umstand zurückzuführen sind, nachgelassen haben. Vornehmlich beim Armaturengufs zeigten sich jedoch bei vielen Eisenbahngiefsereien weiterhin Schwierigkeiten derart, dafs die aus dem Einheitsrotgufs hergestellten Stücke sich bei der Prüfung als nicht dicht erwiesen. Gemeinschaftliche Untersuchungen der Versuchsgiefserei in Brandenburg-West und der Mechanischen Versuchsanstalt liefsen vermuten, dafs die Ursache dieses ungünstigen Verhaltens in dem langen Erstarrungsweg liegt, den diese Legierung aufweist und der sich etwa über 250° erstreckt. Während dieser Zeit liegt bereits festes und noch flüssiges Material im Aufbau nebeneinander und unter der bereits auftretenden Schrumpfwirkung treten Verschiebungen der festen Bestandteile gegeneinander ein, die der späteren Dichtigkeit wahrscheinlich nicht zuträglich sind. Es kam weiter hinzu, dafs die Einheitslegierung ziemlich hoch zinnhaltig ist und der Preis des Zinns in den letzten Jahren seit Kriegsende gewaltig angestiegen ist. Da der Bedarf an Rotgufs verhältnismäfsig hoch ist, so war die Reichsbahn gezwungen, grofse Mengen von Geld im Rotgufs festzulegen. Es lag nun nahe, einmal die Eigenschaften von Kupfer-Zinn-Zink-Legierungen ähnlicher Zusammensetzung zu ermitteln, um festzustellen, ob nicht bei einer zinnärmeren Legierung mit einem geringeren Erstarrungsintervall doch ähnliche mechanische Eigenschaften zu erreichen wären, die mit denen des Einheitsrotgusses noch in Wettbewerb treten könnten. Selbst wenn es gelang, den Rotgufs in seinem Zinngehalt nur um etwa 2 bis 3 % zu drücken, so mufsten die sich hieraus ergebenden Ersparnisse Beträge annehmen, die sich über mehrere hunderttausend Mark im Jahre erstrecken. Die Mechanische Versuchsanstalt des Eisenbahn-Zentralamts hat daher im Jahre 1923 mit planmäfsiger Durchforschung des Gebiets der Kupfer-Zinn-Zink-Legierungen in Nachbarschaft des Einheitsrotgusses begonnen, über deren Ergebnisse nachstehend berichtet sei.

Zur Durchführung dieser Versuche wurden in der Kupferecke des ternären Schaubildes Kupfer-Zink-Zinn planmäfsig eine Reihe von Legierungen, welche dem Einheitsrotgufs Rg 9 nahe standen, hergestellt. Diese Schmelzungen wurden durch die chemische Analyse auf ihre Zusammensetzung und die vorhandenen Verunreinigungen hin nachgeprüft, desgleichen wurden ihre mechanische Eigenschaften und ihr Gefügeaufbau geprüft. Von jeder Schmelzung wurde ein Blöckchen von 160 mm Länge, 50 mm Breite und 45 mm Höhe in eine dünnwandige Blechkokille vergossen. Die Giefstemperatur betrug im Durchschnitt 1150°. Zur Ermittlung der mechanischen Eigenschaften wurde das Blöckchen in drei Stauchproben, zwei Kerbproben, eine Abnutzungs- und Bearbeitungsprobe, eine Kugeldruckprobe zerlegt. Schliefslich konnte noch ein Schliff zur Prüfung des Aufbaues aus dem Blöckchen gewonnen werden. Die Zusammenstellung 1 enthält die Ergebnisse der chemischen Analyse und der mechanischen Prüfung. Abgesehen von den Schmelzungen Nr. 5c, 6b und 20, wo infolge verunreinigten Zinkes der Gehalt an Antimon und Blei besonders hoch war, konnten nennenswerte Verunreinigungen in den Legierungen nicht nachgewiesen werden.

In der Tafel der mechanischen Werte steht an erster Stelle das Ergebnis der Druckfestigkeitsprüfung. Die Werte sind auf den Anfangsquerschnitt der Stauchprobe bezogen, die einen Durchmesser von 15 mm und eine Höhe von 30 mm hat und zwar ist der im Augenblick des ersten Anrisses ermittelte Höchstwert angegeben. In Abb. 1 sind die Ergebnisse der Druckfestigkeitsprüfung in das ternäre Schaubild bei den entsprechenden Legierungen eingetragen. Vergleicht man die einzelnen Ergebnisse miteinander, so erkennt man, dafs auf der Kupfer-Zinkseite die Festigkeit mit zunehmendem Zinkgehalt zunimmt, während sie sowohl auf der Kupfer-Zinnseite wie auf der Verbindungslinie zwischen Kupferecke und Einheitsrotgufs, Schmelzung 16, über einen Höchstwert, welcher etwa in der Gegend 5 % Zinn und 3 % Zink zu liegen scheint, wieder abfällt. Betrachtet man die Werte der Druckfestigkeit auf der Querlinie, die die Schmelzen Nr. 13, 18, 16, 17 und 12 verbindet, so zeigt sich von der Kupfer-Zinkseite, Nr. 13, bis zum Einheitsrotgufs, Nr. 16, ein deutlicher Abfall der Druckfestigkeit, während sich beim weiteren Verlauf dieser Linie nach der Kupfer-Zinnseite keine wesentliche Veränderung feststellen läfst. Die blei-antimonhaltigen Schmelzungen lassen

Zusammenstellung 1.

Lfd. Nr.	Chemische Analyse Cu	Sn	Zn	Sb	Pb	Ergebnisse der mechanischen Prüfung. 1 Druckfestigkeit kg/mm²	2 Härte kg/mm²	3 Stauchung in % der Höhe	4 Kerbzähigkeit in kg/mm²	5 Schnittzahl in cm²	6 Abnutzung in g nach 2 Std.
4a	91,9	6,62	0,08	0,1	1,2	142	69	61,6	2,4	74	—
4b	92,0	6,1	1,8	0,1	0,3	181	70,2	66,5	2,5	130	0,32
5c	85,6	6,1	0,2	2,9	5,2	85	55	41,4	1,1	63	8,8
6b	86,0	8,1	4,7	0,4	0,8	124	68	49	1,75	62	1,9
12	85,7	14,2	—	0,1	0,3	137	108	40,5	1,1	192	0,11
13	85,1	—	14,6	0,1	0,3	185	78	69,2	7,8	86	0,66
14	76,5	13,7	9,8	0,1	0,3	106	134	24,4	0,1	319	0,17
16	84,6	9,2	6,1	0,1	0,3	140	76	45,9	2,1	175	0,37
17	83,4	12,2	4,4	0,1	0,3	131	84,4	46,8	0,9	124	0,35
18	84,0	4,0	11,8	0,1	0,3	200	64	66,4	3,7	91	0,47
19	82,0	7,8	10,2	0,1	0,3	132	66	50,3	1,3	150	0,48
20	85,2	8,7	3,6	0,6	2,0	105	74	46,0	1,5	61	3,67
23	95,5	0,23	3,8	0,1	0,3	147	48	69,1	3,9	—	—
24	97,5	2,5	—	0,1	0,3	176	50	70	5,4	—	—
25	89,3	6,4	4,3	0,1	0,3	180	89,6	63,9	3,4	93	0,21
26	93,7	4	2,3	0,1	0,3	200	74	68,4	4,9	130	0,22
27	100	—	—	—	—	158	71	71,9	6,6	77	—

eine bedeutend geringere Druckfestigkeit erkennen, weil, wie zu vermuten war, das Antimon die Rotgufslegierung spröde macht.

Die Spalte 2 enthält die Ergebnisse der Härteprüfung und zwar sind Mittelwerte eingetragen, die aus wenigstens fünf Eindrücken gewonnen wurden. Bemerkt sei, dafs in den Einzelwerten gröfsere Schwankungen zu beobachten waren, was bei gegossenen Legierungen und der Art ihrer Abkühlung meistens der Fall ist. Auf der Kupfer-Zinkseite ist ein leichter Anstieg der Härte festzustellen, der auf der Kupfer-Zinnseite naturgemäfs noch stärker ausgeprägt ist. Auf der Verbindungslinie Kupferecke, Schmelzung 27, und Einheitsrotgufs, Schmelzung 16, macht sich ein ähnlicher Höchstwert wie bei der Druckfestigkeitsprüfung bemerkbar. Die Verlängerung dieser Linie über den Einheitsrotgufs hinaus bis zur Schmelzung 14 zeigt wieder eine starke Zunahme der Härte. Die Querlinie zwischen der Kupfer-Zinkseite und dem Einheitsrotgufs zeigt keine wesentliche Veränderung, erst nach der Kupfer-Zinnseite zu macht sich ein starker Anstieg der Härte bemerkbar. Die blei-antimonhaltigen Legierungen zeigen eine ziemlich geringe Härte.

Die Ergebnisse der Zähigkeitsprüfung sind zweimal zahlenmäfsig zum Ausdruck gebracht. Zunächst wurde in Spalte 3 die beim Druckversuch ermittelte Stauchung in % der Anfangshöhe festgestellt. Verfolgt man die einzelnen Verbindungslinien, so ergibt sich, dafs auf der Messingseite keine wesentliche Veränderung der Zähigkeit bis zu einem Gehalt von 15 % Zink eingetreten ist. Beträchtlicher dagegen ist der Abfall der Zähigkeit auf der Zinnseite, wo er in Schmelzung 12 nur noch die Hälfte des Kupferwertes erreicht. Auch in der Mitte des Schaubildes auf der Verbindungslinie der Kupferecke mit dem Einheitsrotgufs macht sich ein Abfall der Zähigkeit noch bemerkbar. Mit steigendem Zinngehalt nimmt der Abfall der Zähigkeit stark zu, wie die Schmelzung 14 deutlich erkennen läfst. Die Querlinie zeigt ebenfalls bis zum Einheitsrotgufs einen Abfall, der sich dann aber kaum noch ändert. Die blei-antimonhaltigen Legierungen fallen durch verringerte Zähigkeit auf.

Spalte 4 enthält die Ergebnisse der Kerbzähigkeitsprüfung, wie sie auf dem 10 mkg Schlagwerk an der normalisierten Probe ermittelt wurden. Die Zahlen stellen Mittelwerte aus zwei Versuchen mit meist guter Übereinstimmung dar. In Abb. 2 sind die Ergebnisse der Kerbzähigkeitsprüfung in das ternäre Schaubild bei den entsprechenden Legierungen eingetragen. Die Kerbzähigkeitsprobe zeigt auf der Messingseite einen Anstieg der Werte, während sich auf der Kupferzinnseite der Abfall der Werte viel stärker bemerkbar macht, als ihn die Druckprüfung Spalte 3 zum Ausdruck brachte. Ebenso zeigt die Mittellinie Kupfer-Einheitsrotgufs, Nr. 27 bis 16, einen starken Abfall der Kerbzähigkeitswerte, bis er in Schmelzung 14

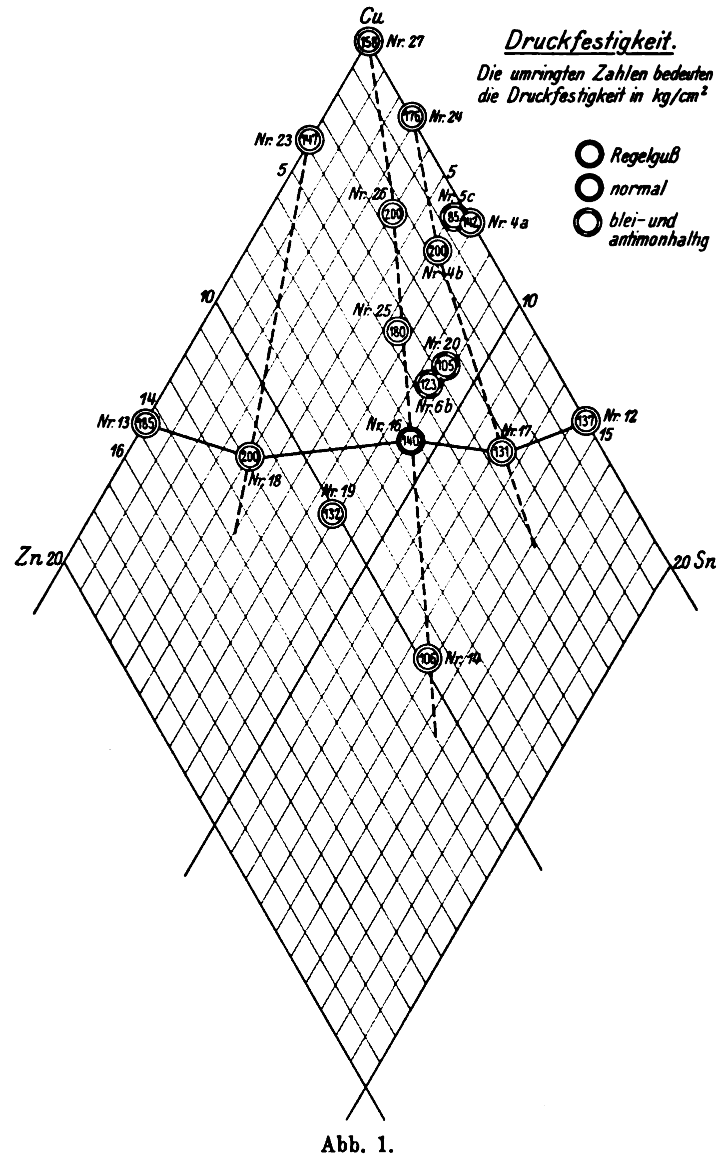


Abb. 1.

den geringsten Wert erreicht, der überhaupt an den hergestellten Versuchsschmelzungen ermittelt wurde. Die Querlinie zeigt bis zum Einheitsrotgufs einen starken Abfall, der sich nach der Kupfer-Zinnseite allmählich fortsetzt. Auch die blei-antimonreichen Legierungen fallen hier ebenso wie in Spalte 3 durch ihre geringe Kerbzähigkeit auf.

Für die Prüfung des Bearbeitungswiderstandes konnte in Ermanglung von besonderen Prüfmaschinen nur ein verhältnismäfsig rohes Verfahren angewendet werden. Es wurden bei Ausschnitten gleichen Querschnitts und gleicher Lage die Zahl der Sägeschnitte ermittelt, die erforderlich waren, um das betreffende Stück durchzusägen. Die ermittelte Schnittzahl wurde auf den qcm umgerechnet. Entsprechend den bisherigen

Prüfungsergebnissen zeigte sich auf der Kupfer-Zinkseite nur eine geringe Abnahme der Bearbeitbarkeit, dagegen eine sehr starke auf der Kupfer-Zinnseite. Eine erschwerte Bearbeitbarkeit machte sich auf der Kupfer-Einheitsrotgufs-Linie bemerkbar. Am gröfsten ist die Schwierigkeit der Bearbeitbarkeit bei Schmelzung 14. Auf der Querlinie nimmt die Erschwerung der Bearbeitbarkeit bis zum Einheitsrotgufs stark zu, um dann nach der Kupfer-Zinnseite zu allmählich anzusteigen. Die blei-antimonhaltigen Legierungen zeigen entprechend ihren bisherigen Prüfungsergebnissen eine günstige Bearbeitbarkeit. Wenn auch die so gewonnenen Ergebnisse bei der Unsicherheit des Prüfverfahrens ziemlich roh sind, so kann man bei ihrer Übereinstimmung mit den übrigen mechanischen Prüfungsergebnissen doch mit Wahrscheinlichkeit annehmen, dafs diese Werte das richtige angeben.

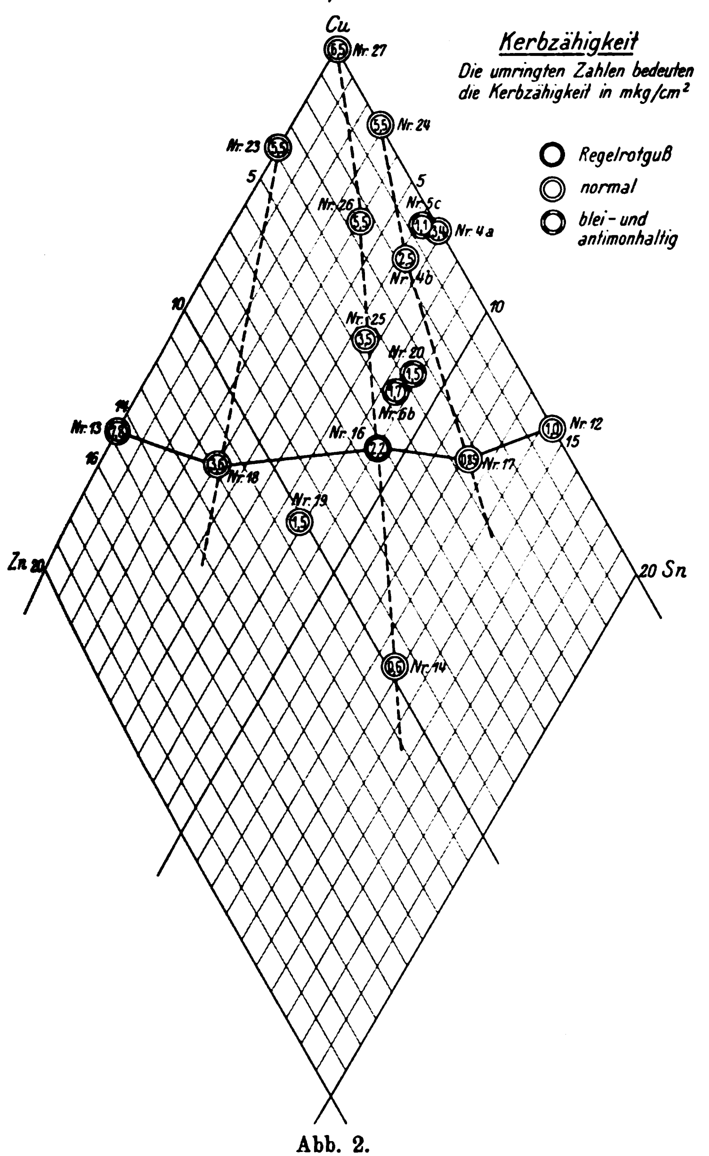


Abb. 2.

Die Abnutzungsversuche, deren Ergebnisse in Spalte 6 zusammengestellt sind, wurden nach der sogenannten Klötzchenprobe auf der Maschine von Hanffstengel ausgeführt. Ein Klötzchen des Probematerials von etwa 15 mm Breite läuft gegen eine sich drehende Stahlscheibe unter Belastung von 20 kg. Ermittelt wurde der Gesamtgewichtsverlust in Gramm nach einer Abnutzungsdauer von zwei Stunden. Betrachtet man die Abnutzungsergebnisse, so erkennt man, dafs der Abnutzungswiderstand nach der Kupferecke zu nicht abnimmt, sondern eher gröfser wird. Auf der Querlinie wird mit zunehmender Entfernung von der Messingseite, Schmelzung 13, der Abnutzungswiderstand beständig erhöht, bis er auf der Bronzeseite, Schmelzung 12, seinen Höchstwert erreicht. Die blei-antimonhaltigen Schmelzungen zeigen, wie zu erwarten, den geringsten Widerstand gegen Abnutzung.

Es wurden ferner an den verschiedenen Schmelzungen Gefügeuntersuchungen vorgenommen. Abb. 3 enthält das Ergebnis der Gefügebeobachtungen. Hiernach kann man feststellen, dafs infolge von Entmischungserscheinungen ein harter Gefügebestandteil, das Eutektoid, mit Entfernung von der Kupferseite und Annäherung an die Kupfer-Zinnseite zunimmt. Das Eutektoid stöfst in Gebiete vor, in denen es bei ausgeglichener Erstarrung nicht mehr auftreten sollte. Das Gebiet des Vorstofses des Eutektoids ist durch die beiden Linien mit dem Pfeil auf Abb. 3 umgrenzt. Die Eigenschaften der in diesem Gebiet liegenden Legierungen werden durch diesen Gefügebestandteil erheblich beeinflufst. Abb. 4 zeigt das Gefügeaussehen des Eutektoids. Es scheint jedoch nach den Beobachtungen an den verschiedenen Schmelzungen und zahlreichen Einheitsrotgufs-Legierungen im Auftreten dieses Eutektoids eine gewisse Gesetzmäfsigkeit zu liegen, so dafs dasselbe bei nicht allzusehr veränderten Erstarrungsbedingungen fast immer in gleicher Menge auftritt.

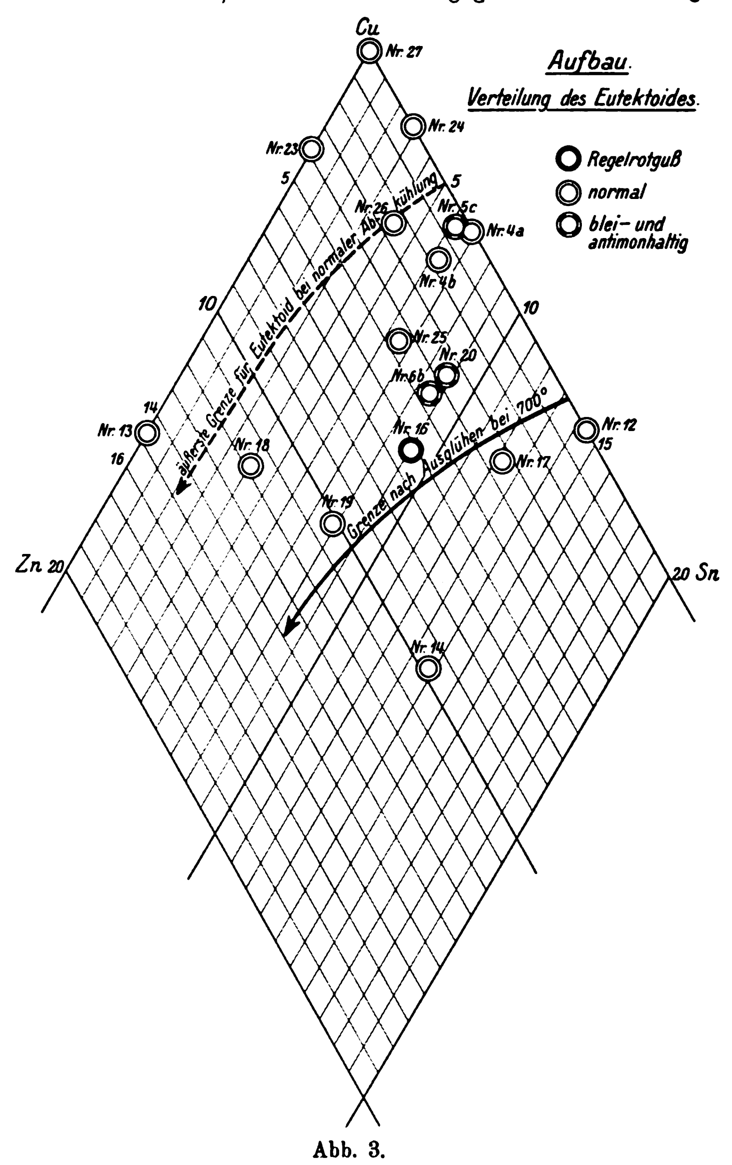


Abb. 3.

Die ausgeführten Untersuchungen an den verschiedenen Schmelzungen haben gezeigt, dafs mit Annäherung an die Zinnseite Härte, Druckfestigkeit und Abnutzungsbeständigkeit zu-

nehmen, während Zähigkeit und Bearbeitbarkeit abnehmen. Der Einheitsrotgufs, Schmelzung 16, stellt etwa die Grenze dar, bis zu der von der Kupferseite her eine Veränderung der Eigenschaften zwar schon bemerkbar ist, aber immerhin noch in mäfsigen Grenzen bleibt. Die Untersuchungsergebnisse aber lassen weiter erkennen, dafs eine Herabsetzung des Zinngehalts in dem Einheitsrotgufs in ziemlich beträchtlichem Umfang auf der Linie der Schmelzungen Nr. 16, 25, 26, 27 möglich ist, ohne die Gütewerte des Einheitsrotgusses allzusehr herabzusetzen.

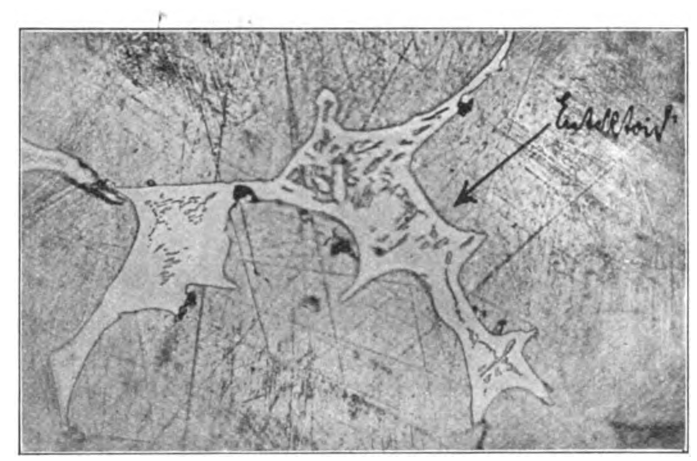


Abb. 4.

Inzwischen hatte der Normungsausschufs den Rotgufs Rg 5 mit 85 Kupfer, 5 Zinn und 10 Zink + Blei in Vorschlag gebracht, von dem man erwarten konnte, dafs er noch als Einheitslegierung verwendbar war, gleichzeitig aber eine bedeutende Ersparnis hinsichtlich des Zinngehaltes darstellte. Ungeklärt blieb noch bei dieser Legierung, in welchen Grenzen der Bleigehalt sich zu halten hat. Nach früheren Forschungsergebnissen wird die Bearbeitbarkeit von Rotgufs bei einem Bleigehalt bis zu 6 % verbessert, was die Vermutung zuliefs, dafs die Abnutzungsbeständigkeit abnehmen würde. Da inzwischen die Mechanische Versuchsanstalt des Eisenbahn-Zentralamts eine Abnutzungsmaschine Bauart Mohr & Federhaff erhalten hatte, bot sich die Möglichkeit, die auf der Hanffstengelschen Maschine gewonnenen Abnutzungsergebnisse nachzuprüfen. Bei dieser neuen Maschine läuft eine Prüfrolle gegen eine gehärtete Stahlrolle unter einem Schlupf von etwa 1 %, so dafs eine schwache Reibung der Rollen aufeinander zwangsweise durchgeführt wird. Es wird der Gewichtsverlust in Gramm der zu prüfenden Rolle nach 100000, 150000 und 200000 Umdrehungen bei 100, 150 und 200 kg Anprefsdruck ermittelt. Der verwendete Werkstoff bestand in dem ersten Falle aus einer Legierung, die dem genormten Rg 5 annähernd gleich war. Als Vergleich wurden Scheiben aus einer dem Rg 9 ähnlichen Schmelzung gewählt. Diese Schmelzungen wurden in der Versuchsgiefserei Brandenburg-West hergestellt, und zwar wurden sämtliche Proben aus dem Tiegelofen in nicht getrocknete Formen vergossen. Zusammenstellung 2 enthält die Ergebnisse der chemischen Analyse, der Härte und der Gewichtsabnahme bei 200000 Umdrehungen, bei einem Anprefsdruck von 100, 150 und 200 kg der beiden Schmelzungen Gufsart Rg 5 und Rg 9. Die Ergebnisse dieser Abnutzungsversuche zeigten deutlich, dafs der Abnutzungswiderstand des Rg 5 bedeutend gröfser ist als der des Rg 9, dafs sich Rg 5 demnach als abnutzungsfester erweist. Abnutzungsversuche, welche auf Veranlassung der Versuchsgiefserei im Betriebe angestellt wurden, bestätigten die Versuchsergebnisse. Die Versuche liefsen weiter erkennen, dafs bei einem Bleigehalt von etwa 3 bis 4 % für die gewählte Legierung die Abnutzungsbeständigkeit sich gegenüber dem Rg 9 nicht verschlechtert.

Zusammenstellung 2.

Gufsart	Chemische Zusammensetzung						Rolle Nr.	Härte in Brinell-E	Gewichtsabnahme in g		Belastung in kg	Bemerkung
	Cu	Sn	Zn	Pb	Ni	Fe			nach 200000 Umdrehungen	im Mittel		
Rg 5	82,8	5,7	9,7	2,3	—	—	1	55,8	0,0692	0,0603	100	gegossene Scheiben
							2	51,2	0,0514			
							6	55,6	1,0110	0,7552	150	
							7	64,2	0,4994			
							3	52,1	0,9064	0,8593	200	
							4	55,4	1,0162			
							5	54,1	0,6554			
Rg 9 Einheitsrotgufs	86,3	7,9	4,4	2,0	0,3	0,1	16	63,9	3,2730	2,5900	150	
							17	69,9	1,9070			
							11	56,4	1,1576	5,1144	200	
							12	61,5	5,1570			
							13	73,5	6,3738			
							14	60,6	6,0318			
							15	53,1	6,8520			

Im Zusammenhang mit den ausgeführten Versuchsschmelzungen und ihren Untersuchungsergebnissen hat sich die Hauptverwaltung der Deutschen Reichsbahn entschlossen, den Rotgufs Rg 5 bei der Reichsbahn einzuführen, wobei sie die Grenzen von Zink und Blei, welche vom Normungsausschufs auf zusammen 10 % angenommen waren, einzeln festgelegt hat. In der Verfügung der Hauptverwaltung vom 3. Juni 1926 unter 37 D. 18199/25 heifst es: »Das Eisenbahn-Zentralamt hat die Versuche mit dem Rotgufs R 5 abgeschlossen. Rotgufs R 5 hat folgende Zusammensetzung:

	85	Teile	Kupfer
	5	»	Zinn
	7	»	Zink
höchstens	4	»	Blei
»	0,08	»	Schwefel

Mindestfeingehalt 90.

Die Versuche haben gezeigt, dafs Rotgufs R 5 gröfsere Verschleifsfestigkeit besitzt als Einheitsrotgufs R 9. Die Laufeigenschaften des Rotgusses R 5 sind ebenfalls besser als die des R 9. Bei den Einheitslagerschalen der Güterwagen ist jedoch wegen der hohen Flächenbelastung und der starken Formänderungen, der diese Lagerschalen im Betriebe unterworfen sind, R 9 auch weiterhin vorzuziehen und zu verwenden. Für sämtliche Armaturen und besonders für Bäuteile, die stärkerem Verschleifs unterworfen sind, wie Hahnküken, Ventilspindeln, Buchsen, verdient jedoch R 5 den Vorzug«.

In der Verfügung wird weiter die Erwartung zum Ausdruck gebracht, dafs nach den bisherigen Erfahrungen der neue Rotgufs R 5 wegen seiner geringen Neigung zum Seigern dichtere Abgüsse gibt als R 9. In den bahneigenen Gelbgiefsereien soll daher nach Aufbrauch der vorhandenen Bestände an R 9 ausschliefslich R 5 verwendet werden. Es soll aber zugleich geprüft werden, ob auch für die genormten Lagerschalen R 5 an Stelle von R 9 verwendet werden kann.

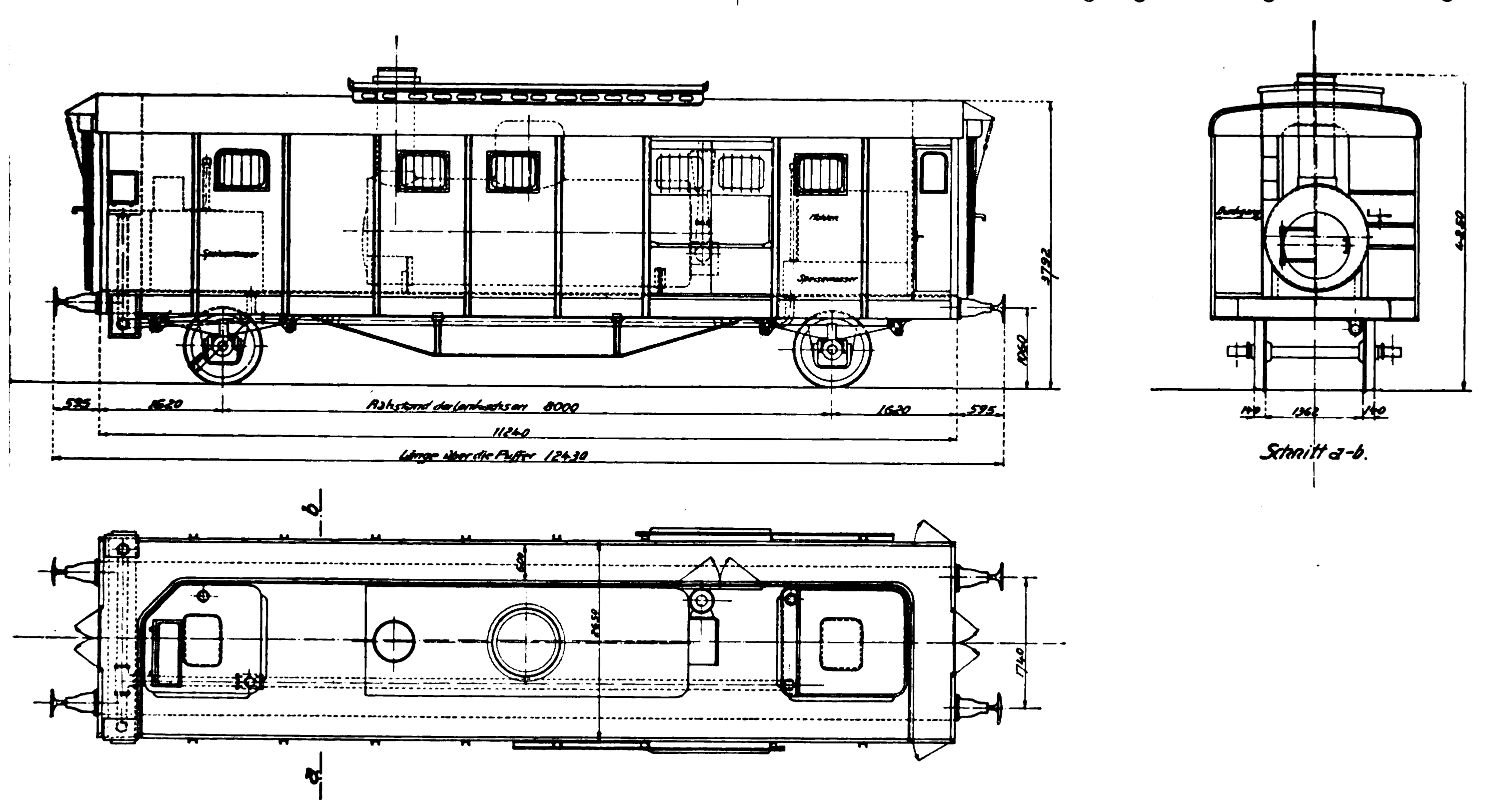
Der neue Heizkesselwagen der elektrisch betriebenen Strecken der italienischen Staatsbahn*).

Von Georg Lotter, München.

Die Heizung der elektrisch gefahrenen Züge der italienischen Staatsbahn erfolgte bisher mit wenigen Ausnahmen mit Dampf, der von Heizkesselwagen mit stehenden, mit Kohlenfeuerung betriebenen Kesseln geliefert wird. Diese Wagen sind zum Teil durch Umbau aus den dreiachsigen zweifach gekuppelten Dampftriebwagen Gruppe 60 entstanden, welche seit 1906 zur Post- und Eilgepäckbeförderung in gröfserer Stückzahl beschafft wurden und eine Besonderheit des der italienischen Staatsbahn bilden**).

Die stehenden Kessel dieser bisherigen Heizkesselwagen mit aufsergewöhnlich grofsen Abmessungen (bis zu 1 qm Rostfläche und 58 qm Heizfläche) bewährten sich nicht. Die dauerhafte Befestigung des Kessels auf dem Rahmen, seine Sicherung gegen Schwankungen in der Längs- und Querrichtung und die Unterhaltung der Rohrwände, welche vorsorglicherweise beide von Kupfer ausgeführt waren, bereiteten Schwierigkeiten. Die Italienische Staatsbahn entschlofs sich deshalb, neue Heizkesselwagen mit liegendem Kessel zu beschaffen. Da diese von den auf den deutschen Reichsbahnen üblichen in mancher Hinsicht abweichen, seien sie kurz besprochen.

Der neue, als Gruppe VI^{c} bezeichnete Heizkesselwagen ist im Konstruktionsbüro der italienischen Staatsbahn entworfen und von der Soc. An. Costruzioni Ferroviarie e Meccaniche in Florenz erbaut; 15 Stück stehen seit dem Winter 1923/24 auf der elektrisch betriebenen Strecke Genua — Turin in zufriedenstellender Weise in Betrieb.



Heizkesselwagen der elektrisch betriebenen Strecken der italienischen Staatsbahn.

Die Abbildung gibt eine Skizze des Wagens in Längsansicht, Grundrifs und Querschnitt. Er ist zweiachsig mit 8 m Lenkachsradstand durchweg in Eisen — aus Gründen der Feuersicherheit unter vollständiger Vermeidung jeder Holzkonstruktion — erbaut. Die Gesamtanordnung des Wagens ist derart, dafs er in die Mitte von D-Zügen eingestellt werden kann. Er ist deshalb — wie aus dem Grundrifs ersichtlich — mit einem Seitengang von 600 mm lichter Breite versehen, welcher den Kesselraum von den Fahrgästen vollkommen abschliefst, so dafs der Durchgang durch den Zug ohne Gefahr einer Verschmutzung der Kleider der Reisenden gewahrt bleibt. Diese sehr zweckmäfsige Anordnung ist erstmals bei dem unten erwähnten Heizkesselwagen der Bern-Lötschberg-Simplon-Bahn vom Jahr 1912 ausgeführt worden. Weiter soll durch Einstellung des Wagens in die Mitte des Zuges eine gleichmäfsigere und leichtere Erwärmung desselben und ruhiger Lauf des Heizkesselwagens bei den hohen Geschwindigkeiten der D-Züge erreicht werden. Diese Einstellung eines zweiachsigen Lenkachswagens von 8 m Radstand bei 12,430 m Gesamtlänge des Fahrzeuges zwischen vierachsige Drehgestellwagen hat zu Schwierigkeiten hinsichtlich der Ruhe des Laufs nicht geführt, sich vielmehr gut bewährt. Der Wagen hat nichtdurchgehende Zugstangen, Übergangsbrücken, Faltenbälge, Westinghouse-, Schnell- und Handspindelbremse sowie elektrische Beleuchtung mittels Akkumulatoren. Das Wasserfassen erfolgt vom Wasserkran aus durch in Nischen angebrachte Füllrohre, das Kohlenfassen durch grofse seitliche Schiebetüren mittels Körben.

Der Dampfkessel ist ein liegender Flammrohr-Heizröhrenkessel mit einer stündlichen Leistung von 800 kg Nafsdampf, was für die Beheizung eines schweren D-Zuges bei den klimatischen Verhältnissen Italiens genügt. Die liegende Anordnung bringt eine einfache und zuverlässige Verbindung des Kessels mit dem Wagenrahmen, gute Zugänglichkeit der Rohrwände, eine erheblich bessere Ausnützung der Brennstoffwärme zur Dampferzeugung und geringere Unterhaltungskosten als beim stehenden Kessel mit sich. Die Rostfläche ist 0,85 qm, die Heizfläche 36 qm grofs, die Dampfspannung beträgt 8 at; die Verbrennungsluft wird durch eine besondere Rohrleitung aus

*) Nach Rivista Tecnica 1926, S. 20 bearbeitet.

**) Organ 1908, S. 456; ausführliche Unterlagen in der Z. d. V. deutscher Ingenieure 1907, Seite 1645, T. 16.

der oberen Zone des Kesselraumes unter den Rost gesaugt; die Feueranfachung erfolgt durch künstlichen Zug mittels eines im Kaminfufs sitzenden Hilfsbläsers gewöhnlicher Art; an Speisewasser werden 2,86 cbm, an Brennstoff $1\,^1/_2$ t Kohle mitgeführt; der Wasserinhalt des Kessels bei mittlerem Wasserstand beträgt 2,66 m³, so dafs der Wasservorrat für mehr als drei Stunden Fahrt bequem ausreicht. Das Leergewicht des Heizkesselwagens ist 22,75 t, das Dienstgewicht 30 t. Dieser Gewichtsaufwand zur Heizung eines Zuges ist bekanntlich sehr beträchtlich, läfst sich aber nicht nennenswert einschränken, wenn man zur Mitführung eines besonderen Heizkesselwagens gezwungen ist.

Zum Vergleich seien nachstehend die Hauptabmessungen und Gewichte einiger typischer Heizkesselwagen zusammengestellt, beginnend mit dem im Jahr 1869 von der für die Entwicklung der Dampfheizung von Zügen hochverdienten Firma Johannes Haag-Augsburg gelieferten Wagen, der als Gepäck-Heizkesselwagen ausgebildet war und zu den ersten Versuchen der Dampfheizung eines Eisenbahnzuges zählt.

Bei zahlreichen Bahnverwaltungen des Vereins deutscher Eisenverwaltungen werden bei den mit Dampflokomotiven gefahrenen und von diesen geheizten Zügen bei strenger Kälte und Überschreitung einer bestimmten Achszahl besondere Heizkesselwagen regelmäfsig eingestellt, wie im XIV. Ergänzungsband des Organs, S. 178, ausführlich berichtet ist. Unter diesem Gesichtspunkt verdient die besprochene neue Bauart der italienischen Staatsbahn besondere Beachtung, da sie gegenüber den meisten bisherigen betriebstechnische Vorteile mit sich bringt.

	Achszahl	Radstand	Leer- Gewicht	Dienst- Gewicht	Kessel	Rostfläche m²	Heizfläche m²	Druck at	Vorräte an Wasser m³	Vorräte an Kohle t
Bayerische Staatsbahn 1869	2	3,65	10,4	12,0	stehend	0,176	9	3	1,06	ca. 0,5
Preufsische Staatsbahn 1892	2	5,5	15,5	20,5	liegend	0,43	10	6	3,0	ca. 1
Bayerische Staatsbahn 1912	3	6,5	25	34,7	„	0,7	20	10	5,9	1,8
Lötschbergbahn 1912	2	7,0	22,5	28	„	ca. 0,9	45,4*)	12	4,0	1,5
Italienische Staatsbahn 1923	2	8,0	22,75	30	„	0,85	36	8	2,86	1,5

*) wovon 4,6 m² auf den Schmidt-Überhitzer entfallen.

Berichte.

Bahnunterbau, Brücken und Tunnel; Bahnoberbau.

Versuchsstrecke mit geschweifsten Schienen auf der russischen Oktoberbahn.

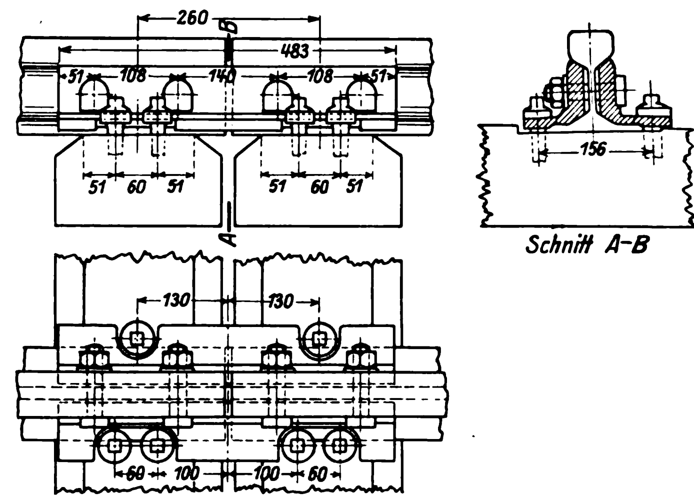
Die russische Oktoberbahn (frühere Nikolaibahn) hat im Mai dieses Jahres auf der Brücke über die Schoscha eine Versuchsstrecke für Schienenschweifsung hergestellt. Die Brücke hat zwei Felder zu je 60 m, ist zweigleisig mit Fahrbahn unten. Die beweglichen Auflager befinden sich auf dem Pfeiler. Die Zufahrten sind beiderseits gerade, eine Schienenwanderung ist nicht zu bemerken. Die Bettung ist Sand mittlerer Beschaffenheit. Die Schweifsung wurde der Leningrader Stadtbahn übertragen und mit Aluminothermit ausgeführt. Die Schweifsung wurde sowohl mit Wulsten im Schienensteg als auch ohne solche ausgeführt. Die über die Haltbarkeit der geschweifsten Stöfse angestellten Laboratoriumversuche ergaben einen Biegungswiderstand von 70,7 kg/mm² aufserhalb der Schweifsstelle. 43,5 kg/mm² für den Stofs mit Wulst und 42,2 für den Stofs ohne Wulst. Der Zerreifswiderstand war 27,8 kg/mm² bzw. 42 kg/mm². Die Härte des Stofses an der Schweifsstelle war 140 bis 150 kg/mm², in einem Abstand von 90 cm vom Stofs 310 kg/mm². Die Schweifsung hat also die Güte der Schienen im Bereich der Wärmebehandlung sehr herabgesetzt und der erhaltene Stofs bildet sichtlich eine schwache Stelle. Die russische Eisenbahnverwaltung ist selbst darauf aufmerksam geworden, dafs die ausländischen Versuche ein ungleich günstigeres Bild liefern und nehmen daher an, dafs die Schweifsung nicht auf einwandfreier Grundlage durchgeführt ist. Die Bahn hat in Ansehung dieser unbefriedigenden Ergebnisse Vorsichtsmafsregeln ergriffen. Vor allem hat sie zur Sicherheit Laschen an den geschweifsten Stöfsen angebracht. — Die Brückenbahn liegt auf Holzschwellen. Ausgleichvorrichtungen nach Weichenform liegen in Brückenmitte über dem Pfeiler. Ungünstige Beobachtungen sind bis jetzt nicht gemacht worden. Die Fahrt über die Brücke ist jetzt aufsergewöhnlich ruhig und stofsfrei. Im ganzen sind 44 Stöfse geschweifst worden, wozu eine Woche gebraucht wurde.

Dr. S.

Bauliche Verbesserungen auf den Linien der Paris-Lyon-Mittelmeer-Eisenbahngesellschaft.

Bei der Paris-Lyon-Mittelmeer-Eisenbahngesellschaft werden in letzter Zeit verschiedene bemerkenswerte Verbesserungen baulicher Art durchgeführt. Hierzu gehört vor allem die Verstärkung des Oberbaues, wodurch nicht nur der Zuglauf sicherer, sondern auch die Lebensdauer des Oberbaumaterials verlängert wird. Des Weiteren wurden in grofsem Umfang bestehende Brücken mit Eisenbeton verstärkt und neue Bauwerke aus dem gleichen Baustoff hergestellt.

Verstärkung des Oberbaues. Verschiedene Hauptlinien wurden mit einer neuen Stofsverbindung versehen, die aus der Abbildung ersichtlich ist. Es fand sich, dafs die ständige Zunahme



Neue Stofsverbindung der Paris-Lyon-Mittelmeer-Bahn. Mafse in mm.

der Achslasten, welche die Indienstnahme neuer Lokomotivbauformen mit sich brachte, bei der alten Stofsverbindung einen aufsergewöhnlichen Verschleifs verursachte. Zur weiteren Verbesserung des Oberbaues bei schlechter Entwässerung wurde die gründliche Erneuerung des Bettungsstoffes vorgenommen. Hiermit wurde auch eine gleichzeitige Hebung des Gleises verbunden. Auf Linien mit zahlreichen Kurven, wie an der Riviera und im Gebirge, machte sich die ständige Aufeinanderfolge der Kurven im Zuglauf sehr unangenehm bemerkbar. Durch Ausrichten und möglichstes Strecken der Kurven wurde

eine Verbesserung herbeigeführt. Auf Grund der Aufnahmen mit einem selbstaufzeichnenden Apparat (Enregistreur Hallade) konnten die für die Kurven nötigen Verbesserungen festgestellt werden.

Der Hallade-Apparat wiegt etwa 70 englische Pfund und kann in jedem Fahrzeug aufgestellt werden. Er enthält drei Pendel, deren Ausschläge durch Stahlnadeln auf Papierbänder aufgezeichnet werden. Mit einer vierten Nadel werden die Kilometer, Stationen und dergl. angemerkt. Auf diese Weise wird ein vollkommenes Bild der Strecke hergestellt. Der Apparat kann auch zur Untersuchung der Fahrzeuge auf ihren Lauf benützt werden.

Verstärkung vorhandener Brücken. Bei vielen Eisenbahnbrücken aus Eisen und Stahl werden die Fahrbahnen mit Eisenbeton verstärkt. Ein grofser Vorteil ist hierbei, dafs die Bettung auch auf der Brücke durchgeführt werden kann. Auf der Strecke Livron—Privas wird die Rhone bei la Voulte mit einer Eisenbahnbrücke überschritten. Sie besteht aus fünf Bogen mit je 55 m Spannweite. Vor mehreren Jahren war sie durch Rosten bereits so geschwächt, dafs nur die leichtesten Maschinen sie befahren durften, was eine grofse Verkehrsbeschränkung bedeutete. Diese Brücke wurde nun nach dem Krieg mit Eisenbeton verstärkt. Während früher der Oberbau unmittelbar auf den Trägern auflag, ist das Gleis nun in Bettung verlegt. Die eisernen Konstruktionsteile sind mit Eisenbeton ummantelt. Die Brücke kann jetzt mit den schwersten Maschinen befahren werden. Drei „Pacific“-Maschinen befuhren die Brücke mit einer Geschwindigkeit von 45 km/Std., ohne dafs eine Bewegung der Tragkonstruktion bemerkbar war. Die Verstärkung kostete weniger als die Hälfte der Kosten, die für eine neue Brücke entstanden wären. Nach den hier gemachten Erfahrungen wurden mehrere Brücken verstärkt.

Neue Bauwerke aus Eisenbeton. Wegen des Anwachsens des Verkehrs mufste der Bahnhof in Nizza vergröfsert werden. Hier, wie auch im Lyoner Bahnhof in Paris wurden alle neuen Bauwerke in Eisenbeton hergestellt. Es kamen hauptsächlich Wasserbehälter, neue Brücken, Bahnsteigdächer und viele andere Bauwerke in Betracht, die früher in Eisen errichtet wurden. Es ist übrigens bemerkenswert, dafs für kleinere Gegenstände, wie Telegraphen- und Signalmaste, Schranken und Einfriedigungen Eisenbeton nicht angewendet wurde, wenngleich andererseits Eisenbetonschwellen besonders bei neuen Strecken in ausgedehntem Mafs verwendet wurden. Wa.

(The Railway Engineer, Mai 1926.)

Ursachen von Schienenbrüchen und ihre Verhütung.

Bearbeitet nach einem Aufsatz von Sistek, Inspektor der tschechoslowakischen Staatseisenbahnen im Januarheft 1926 des Bulletin du Congr. des Chemins de Fer.

1. Wirkliche Ursachen von Schienenbrüchen.

Die Spaltbildung wird durch die Verringerung des Volumens des Stahles beim Übergang vom flüssigen in den festen

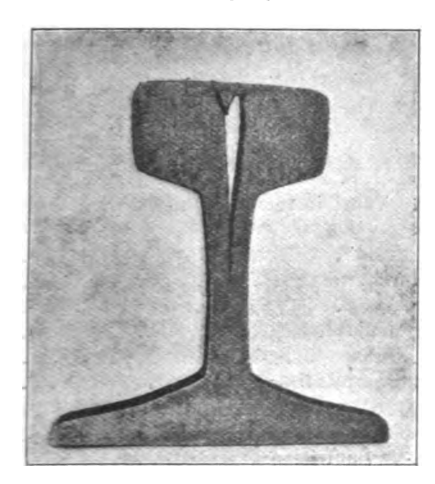


Abb. 1.

Zustand hervorgerufen. Die Wände der Spalten verschweifsen sich nicht. Die Längen der Spalten in Schienen treten an den verschiedensten Stellen des Querschnitts auf.

Abb. 1 zeigt eine solche in der Querschnittachse der Schiene. Sie ist im Maximum 5 cm breit und nirgends an der Schienenoberfläche sichtbar. In Abb. 2 ist eine Spalte abgebildet, die unsymmetrisch von der Gleitfläche des Schienenkopfes bis tief in den Steg hinein verläuft. Der Schienenkopf in Abb. 3 wird durch wagrechte Spaltung in zwei Teile getrennt. Durch diese am häufigsten auftretende Spaltbildung werden immer Brüche in der Richtung der Schienenachse hervorgerufen.

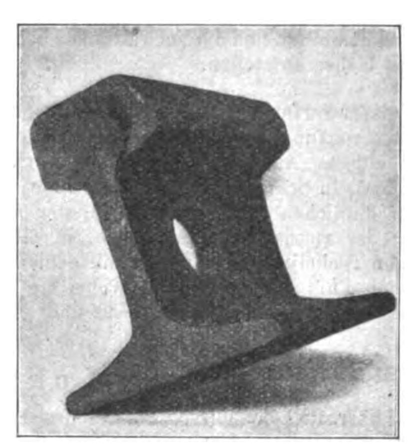


Abb. 2.

Blasenbildung. Der flüssige Stahl enthält viele Gase. Werden diese beim Erkalten des Metalls am Entweichen verhindert, so führen sie zur Bläschenbildung. Diese ist daran zu erkennen, dafs sich an der Gleitfläche des Schienenkopfes zeitweise kleine Eisenteilchen loslösen.

Schlackenbildung entsteht durch Niederschlag von Phosphaten, Silikaten und schwefelsauren Eisenverbindungen, sowie Oxyden beim ungleichmäfsigen Erkalten des Stahls. Die Schlackenbildung findet man am häufigsten dort, wo der Stahl durch Oxydationsprozesse gewonnen wird.



Abb. 3.

Zu starke Abnützung der Schienenprofile.

Schwächung des Profiles infolge Rostbildung in Tunnels, bei schienengleichen Übergängen usw.

2. Vermeintliche Ursachen von Schienenbrüchen.

Schwingungen infolge der Verkehrsbelastung. Man ist zu der Annahme geneigt, dafs viele Schienenbrüche dadurch entstehen, dafs sich auf der Gleitfläche der Schienen infolge Gleitens der Räder beim Anfahren und Bremsen Risse bilden. Während 29 jähriger Beobachtung konnte jedoch nicht festgestellt werden, dafs Risse sich von der Gleitfläche aus nach dem Innern des Schienenkopfes infolge von Schwingungen erweiterten. Beim Zerschneiden von ausgewechselten schadhaften Schienen mit Rifsbildung

an der Gleitfläche fand man immer, dafs diese auf Spaltbildung im Innern des Schienenkopfes zurückzuführen waren.

Deformierung allein führt nicht zum Schienenbruch.

Es mufs festgestellt werden, dafs bei grofser Kälte Schienenbrüche am häufigsten auftreten. Wahrscheinlich sind jedoch auch sie auf Materialfehler zurückzuführen.

3. Mittel zur Verminderung der Schienenbrüche.

Nach der Ansicht des Verfassers kann das Auftreten der Schienenbrüche nur dadurch verringert werden, dafs die Fabrikationsmethoden verbessert werden und die Verwaltungen schärfere Abnahmebedingungen als bisher aufstellen. Sch.-r.

Gleisverwerfungen auf russischen Bahnen.

Eine Gleisverwerfung auf schweizerischen Bahnen hat kürzlich im Schrifttum einiges Aufsehen erregt und auch im Organ Erwähnung gefunden. In Scheljeznodoroschnoje Djelo, 1926, Nr. 6 bis 7, wird auf einen ähnlichen Fall hingewiesen, der sich ganz gleichartig auf einer der russischen Nordbahnen, in Sibirien, ereignete, als die Hauptbahn Tscheljabinsk – Irkutsk mit Schienen von 18 Pfund auf den laufenden Fufs verlegt wurde, wobei die Temperatur dem sibirischen Klima entsprechend zwischen + 50° und — 50° C schwankte. Solche Verhältnisse sind für den Eisenbahnoberbau von grofsem Nachteil. Bei Erhöhung der Temperatur und stark angezogenen Laschenschrauben überwinden die Schienen die Reibung nicht mehr, biegen sich im wagrechten Sinne an verschiedenen Stellen aus und bilden Windungen mit einem zuweilen sogar schon aus der Ferne weit sichtbaren Pfeil. Die Fuge am Schienenstofs, selbst wenn sie vorhanden ist, verliert hierbei ihre Bedeutung. Es leuchtet ein, dafs die Ausbauchungen auch Ausmafse erreichen können, bei denen die Räder durchfallen oder bei denen das Gleis selbst in gröfserer oder geringerer Ausdehnung ausweicht. Solche Fälle wurden auf den sibirischen Bahnen verschiedentlich beobachtet, besonders bezeichnend aber ist eine Entgleisung eines Postzuges, der am 12. Mai 1900 von Irkutsk nach Tscheljabinsk verkehrte und dabei zwischen den Stationen Marijnsk und Bogotol, der jetzigen Tomsker Bahn, in einer Steigung von 8‰ entgleiste. Der Führer bemerkte schlangenartige Ausbiegungen des Gleises, erkannte die Gefahr und schlofs den Regler, aber die Entgleisung der Lokomotive und des gröfsten Teils des folgenden Zuges konnte nicht mehr verhindert werden. Kurz vorher war ein anderer Postzug anstandslos verkehrt. Die Verwerfung war also ganz plötzlich aufgetreten. Die Temperatur war + 42° C. Dr. S.

Lokomotiven und Wagen.

1C1 + 1C1-h4 Garratt-Lokomotiven der Rhodesischen Eisenbahn*).

Die für Kapspur äufserst leistungsfähige Bauart ist in zwölf Stück von Beyer, Peacock & Co. in Manchester geliefert worden. Sie ist die erste Garratt-Lokomotive in Rhodesia und vor allem deshalb bemerkenswert, weil ein Teil der Lieferung Lentz-Ventilsteuerung erhalten hat, während bei dem Rest auf die Möglichkeit des späteren Einbaus dieser Steuerung von vornherein Rücksicht genommen wurde.

Der gedrungen gebaute Kessel hat Belpaire-Feuerbüchse und Grofsrohr-Überhitzer. Trotz der grofsen Heizfläche von über 200 qm ist der Langkessel nur 3,5 m lang, um die beiden Triebgestelle möglichst nahe zusammenrücken zu können. Jedes Triebgestell hat an den beiden Enden eine Radialachse; die mittlere Kuppelachse ist seitenverschiebbar. Die beiden äufseren und die drei inneren Achsen jedes Gestelles sind im Gegensatz zu der sonst in England üblichen

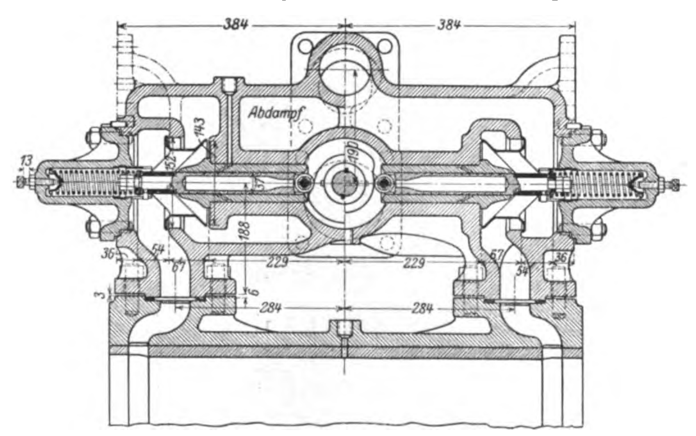


Abb. 1. Längsschnitt durch den Ventilkasten.

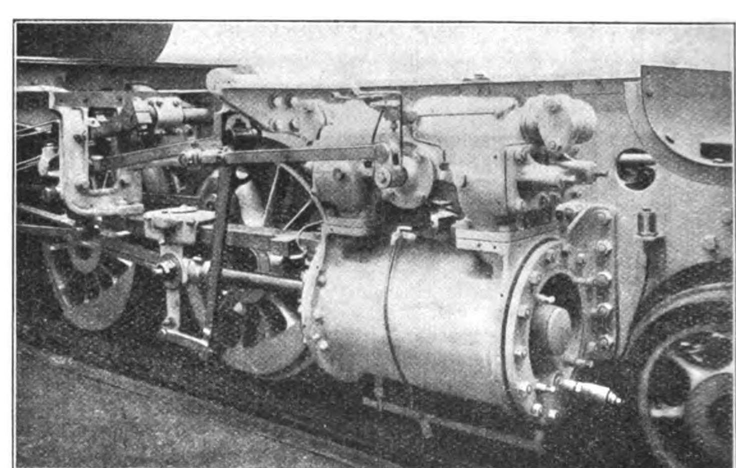


Abb. 2. Ventilkasten und Antrieb der Ventile.

Ausführung unter sich je durch Ausgleichhebel verbunden. Die Zylinder sind für alle Lokomotiven, ob mit Ventil- oder Schiebersteuerung, gleich. Die Ventil- bzw. Schieberkästen sind besonders aufgesetzt; dabei passen sämtliche Schraubenlöcher und Anschlufsflansche für beide Steuerungsarten, so dafs z. B. beim nachträglichen Umbau die Ein- und Ausströmrohre beibehalten werden können. Ebenso ist die Steuerung bis zu den Voreilhebeln völlig gleich durchgebildet.

Die Abb. 1 und 2 zeigt den Ventilkasten mit Antrieb. Die Anordnung entspricht im wesentlichen der bei den Österreichischen Bundesbahnen üblichen Ausführung mit liegenden Ventilen. Die vier Doppelsitz-Ventile sind aus 3,2 mm starkem Stahlblech geprefst, der Durchmesser des unteren Sitzes beträgt bei allen 143, der des oberen Sitzes 152,5 mm. Die beiden Einlafsventile liegen aufsen, die Auslafsventile innen. Die Ventilspindeln und Rollen sowie die Laufstellen der Nockenwelle sind gehärtet. Die Federn aller Ventile sind gleich; sie haben eine Vorspannung von 30 kg. Die Schmierung besorgt eine Wakefield-Schmierpresse. Die Voröffnung der Ventile beträgt 0,2 mm, die gröfste Öffnung bei den Einlafsventilen 12,7 und bei den Auslafsventilen 15,9 mm, entsprechend einer Füllung von 80%.

Die Hauptabmessungen der Lokomotiven sind:

Kesselüberdruck p	12,6 at
Zylinderdurchmesser d	406 mm
Kolbenhub h	610 „
Kesseldurchmesser, gröfster, aufsen	1829 „
Heizrohre, Anzahl	184 Stck.
„ Durchmesser	51 mm
Rauchrohre, Anzahl	32 Stck.
„ Durchmesser	133 mm
Rohrlänge	3658 „
Heizfläche der Feuerbüchse	15,2 m²
„ „ Rohre	156,0 „
„ des Überhitzers	35,2 „
„ im ganzen H	206,4 „
Durchmesser der Treibräder D	1219 mm
„ „ Laufräder	724 „
Reibungsgewicht	77,55 t
Dienstgewicht G	122,15 t
Vorrat an Wasser	19,0 m³
„ „ Brennstoff	7,0 t
H : G	1,7

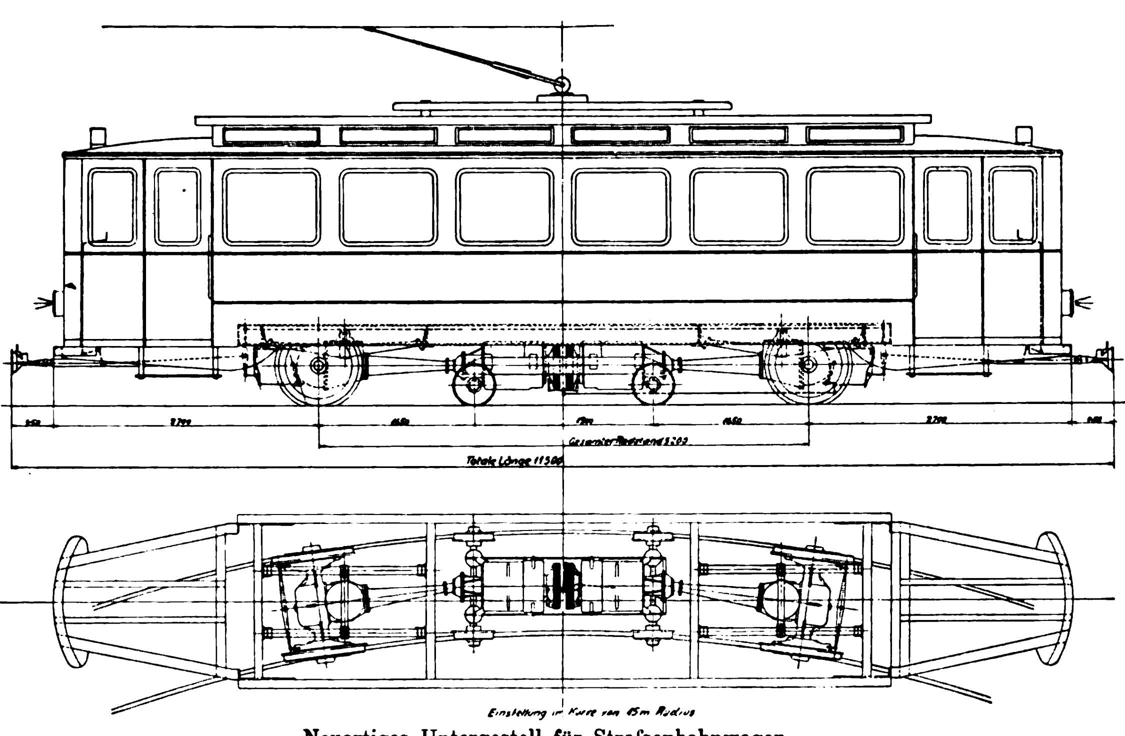
(The Railw. Eng. 1926, Mai.) R. D.

*) Vergl. hierzu Organ 1926, Heft 24, S. 512.

Neuartiges Untergestell für Strafsenbahnwagen.

Die neue Konstruktion, die allerdings wohl nur für Strafsenbahnwagen in Betracht kommt und hierfür auch bestimmt ist, bietet ein besonderes Interesse dadurch, dafs hier zum ersten Mal bei einem auf Schienen laufenden Triebfahrzeug die Achsen unterbrochen sind; die Räder einer Triebachse lassen eine geringe gegenseitige Verdrehung zu (bei Strafsenbahn-Anhängewagen sind getrennte Achsen schon öfters ausgeführt worden); damit ist bis zu einem gewissen Grad der theoretischen Forderung Rechnung getragen, dafs in Krümmungen das äufsere Rad einen gröfseren Weg zurücklegen mufs als das innere. Aufserdem wird in geschickter Weise das auf der Abbildung zu sehende innere zweiachsige Motor-Traggestell dazu benutzt die Radialstellung der Achsen zwangläufig herbeizuführen.

Auf dem Trag- und Lenkgestell sind die beiden Antriebsmotoren federnd gelagert. Die äufseren Lagerdeckel der Motoren sind als Kugelköpfe ausgebildet und umfassen die Deichseln der Treibachsen gelenkig; dadurch wird bei einer Auslenkung die richtige Einstellung der Treibachsen in den Kurven herbeigeführt. Diese Deichseln stellen ferner über die Treibachsen und Federn hinweg die Verbindung des Lenkgestelles mit dem übrigen Fahrzeug dar.



Neuartiges Untergestell für Strafsenbahnwagen.

Das Drehmoment des Elektromotors wird über ein Kardangelenk und eine Welle, die beide von der Lenkdeichsel staubdicht umschlossen sind, durch ein Kegelräderpaar auf eine der Treibachse parallele Vorgelegewelle übertragen. Letztere trägt zwei Stirnräder, von denen jedes eine Hälfte der geteilten Achse anzutreiben hat.

Um eine gegenseitige Verdrehung der Räder einer Treibachse in der Kurve zu ermöglichen, erfolgt die Kraftübertragung von den Stirnradkränzen auf die mit den beiden Achsstümpfen fest verbundenen Naben unter Zwischenschaltung von Spiralfedern. Kurze Kurventeile, die mit entgegengesetzter Krümmung aufeinander folgen, können dadurch ohne Gleiten der Räder auf den Schienen durchfahren werden. Auf diese Weise ist das verwickelte die Ausnützung der Adhäsion ungünstig beeinflussende Differentialgetriebe vermieden. Allerdings erlaubt die Einrichtung nicht, Strecken, deren Anfang und Ende zusammengeschlossen ist, stets im selben Sinn zu durchlaufen.

Die gesamte Zahnradübersetzung ist in einem Stahlgufskasten, der die Radachsen als Hohlachse umschliefst und mit der Lenkdeichsel fest verschraubt ist, staub- und öldicht gelagert. Der Kasten trägt eine Gleitfläche in einem pfannenartigen Aufsatz. Die obere Reibplatte ist als Querträger ausgebildet, der an seinen Enden mit der Mitte der Tragfedern des Wagenkastens fest verbunden ist. Der Wagenkasten ist an den Enden der weichen Tragfedern mittels schräg stehender Laschen aufgehängt. Diese müssen die kleine Verkürzung des Radstandes ausgleichen, die beim Befahren von Kurven eintritt.

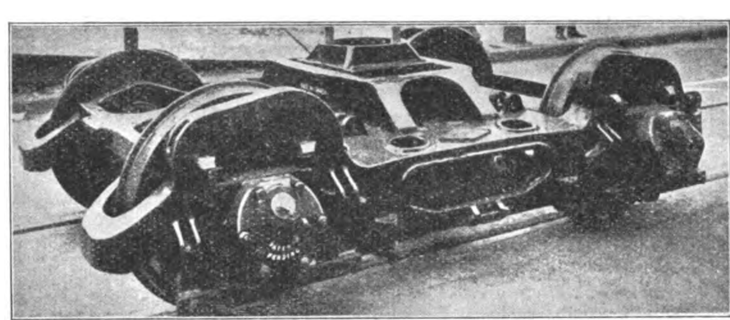
Neben den Hauptteilen des Antriebes sind auch die Bremsen in Anlehnung an den Automobilbau ausgeführt, wodurch die bei Bremsbacken mit Hängeeisen auftretende teilweise Blockierung der Tragfederwirkung und der hierbei eintretende harte Lauf der Wagen verhütet wird. Das Untergestell besitzt sechs Bremsstellen, die unter sich durch Gestänge ausgeglichen sind. An den vier Treibrädern sind staubdicht verschalte Innenbackenbremsen mit den sehr wirksamen und sich trotzdem wenig abnützenden Chekkobelägen eingebaut. Bremsen auf den Motorwellen bremsen die lebendige Kraft der Anker ab, so dafs die Zahnräder keine Bremskräfte aufzunehmen haben.

Für Trambahnen bietet der von der Schweizerischen Lokomotivfabrik ausgeführte, von dem Direktor Buchli entworfene Wagen, der bei der Züricher Strafsenbahn in Versuchsbetrieb genommen ist, in vielfacher Hinsicht bemerkenswerte neue Wege.

Schweizer. Bauzeitung, Juni 1926.

Lokomotiv-Drehgestell aus Stahlgufs.

Die Kanadische Nationalbahn hat ein neuartiges Lokomotiv-Drehgestell entwickelt, dessen Rahmen aus Stahlgufs in einem Stück hergestellt ist. Wie die Textabbildung zeigt, hat das neue Drehgestell Aufsenlager mit Fettschmierung; es wird nicht gebremst, jedoch ist die Möglichkeit des Einbaus einer Bremseinrichtung vorgesehen.



Lokomotiv-Drehgestell aus Stahlgufs.

Das erste derartige Drehgestell ist seit 18 Monaten unter einer 2 D 1 Lokomotive im Betrieb, ohne dafs sich Anstände ergeben hätten. Eine Wertung der Achslager soll erst nach über 11000 km Fahrtleistung erforderlich sein, wodurch sich das Durchfahren längerer Strecken ermöglichen läfst. Aufserdem wird die leichte Zugänglichkeit aller wichtigeren Teile hervorgehoben.

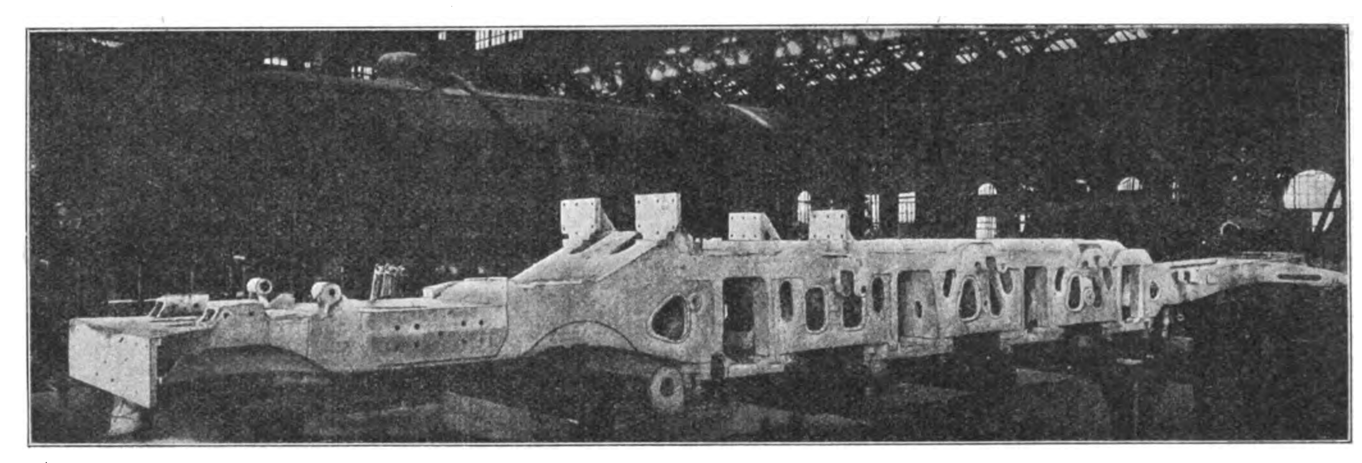
Zweifellos haben die Erfahrungen mit den aus einem Stück gegossenen Tender- und Wagen-Drehgestellen zum Entwurf dieses Lokomotiv-Drehgestells geführt. Man darf also wohl annehmen, dafs sich jene bewährt haben. In diesem Zusammenhang scheint es bemerkenswert, dafs auch die Tender der vor kurzem fertiggestellten neuen 1 E Einheits-Güterzuglokomotive der Deutschen Reichsbahn Drehgestelle mit aus einem Stück gegossenen Stahlgufs-

Rahmenwangen erhalten haben. Zu einer Herstellung des ganzen Rahmens in einem Stück hat man sich hier allerdings noch nicht entschlossen. R. D.

(Railw. Age 1926, 1. Halbj., Nr. 35.)

In einem Stück gegossener Lokomotivrahmen.

Der für eine 2 D 1-Lokomotive der Southern Pacific Bahn bestimmte Rahmen stellt eines der größten bisher fertiggestellten Stahlgufsstücke dar (siehe Abb.). Die Rahmenwangen, Querverstrebungen und Kopfstücke sind samt den sonst besonders anzubringenden Trägern für die Bremsgehänge, Bremswellen und ähnliche Teile in einem Stück gegossen; dadurch fällt ein großer Teil der sonst vorhandenen Bearbeitungsstellen weg. Das Gufsstück ist annähernd 16 m lang, 1,3 m hoch und 3 m breit, sein Gewicht beträgt einschliefslich der natürlich besonders angebrachten Achsgabelstege 18,4 t. Der verwendete Stahlgufs enthält 0,18% Kohlenstoff und 0,73% Mangan; zum Eingiefsen in die Form war die Zeit von 11 Minuten erforderlich. Zur Bearbeitung des Gufsstücks waren besondere Werkzeugmaschinen zu beschaffen.



In einem Stück gegossener Lokomotivrahmen.

Der Gufs von fünf derartigen Rahmen wurde von der Commonwealth Stahl-Gesellschaft vorgenommen. R. D.

(Railw. Age 1926, 2. Halbj., Nr. 10.)

Verschiedenes.

Vom Eisenbahnzentralamt erhalten wir die

Entscheidung

des Preisgerichts für den Spannungs- und Schwingungsmesser-Wettbewerb der Deutschen Reichsbahn-Gesellschaft.

A. Verzeichnis der zur Bewerbung zugelassenen Mefsgeräte.

Es wurden eingereicht je ein Spannungsmesser von:

1. H. Honegger, Feinmechaniker in Corcelles (Schweiz) — Modell A. Mayer;
2. Rendel, Tritton & Palmer, London — Modell Fereday-Palmer;
3. Lehmann & Michels, Hamburg — Modell Dr. Geiger;
4. Dr. Reutlinger, technischer Physiker, Darmstadt;
5. H. Sürig, Bahnmeister a. D., Hannover

und je ein Schwingungsmesser von:

1. Lehmann & Michels, Hamburg — Modell Dr. Geiger;
2. H. Maihak A.-G., Hamburg;
3. Dr. Reutlinger, technischer Physiker, Darmstadt, vereinigt mit dem oben bezeichneten Spannungsmesser;
4. H. Sürig, Bahnmeister a. D., Hannover, vereinigt mit dem oben bezeichneten Spannungsmesser;
5. Trüb, Täuber & Co., Zürich — Modell de Quervain,

insgesamt acht selbständige Mefsgeräte.

B. Prüfung der Mefsgeräte.

Die Erfüllung der Bedingungen des Preisausschreibens wurde ermittelt hinsichtlich:

a) der Bauart und Handhabung,
b) der statischen und dynamischen Wirkung.

Hierzu wurden eingehende Versuche im Laboratorium mit einem eigens dazu geschaffenen Schütteltisch und praktische Erprobungen an einer eisernen Fachwerkbrücke unter dem Einflufs schwerer elektrischer Lokomotiven und einer beweglichen Einzellast vorgenommen.

Insbesondere wurde geprüft: Art der Aufzeichnung, Wetterschutz, Fernschalteinrichtung, Schreibverfahren; Freisein von Reibungswiderständen und Resonanzerscheinungen, Formtreue der Aufzeichnung, Anbringungsmöglichkeit an die Bauglieder, Handhabung und Bedienung.

C. Ergebnis der Prüfung.

Das allgemeine Ergebnis der Prüfung war die Feststellung, dafs die entscheidenden Anforderungen des Preisausschreibens von keinem der Apparate erfüllt wurden. Deshalb hat das Preisgericht den einstimmigen Beschlufs gefafst, keine Preise zu verteilen.

Das Preisgericht verkennt aber nicht, dafs die Preisbewerber durch ihre Beteiligung am Preisausschreiben wesentliche Beiträge zur Weiterentwicklung der Brückenmefstechnik geliefert haben.

In Anerkennung dieses Umstandes hat sich das Preisgericht entschlossen, entsprechend dem Wert der Arbeit für den technischen Fortschritt den Bewerbern Beträge in Gesamthöhe von 20000 ℳ zukommen zu lassen. Den Restbetrag der Ausschreibung von 13000 ℳ empfiehlt das Preisgericht zur Verbesserung und zum Ankauf geeigneter Mefsgeräte zu verwenden.

Von dem Betrage von 20000 ℳ sind zuerkannt worden:

dem Spannungsmesser der Firma Rendel, Tritton & Palmer, London — Modell Fereday-Palmer . .	4000 ℳ
dem Spannungsmesser der Firma Lehmann & Michels, Hamburg — Modell Dr. Geiger	3000 „
dem Spannungsmesser der Firma H. Honegger, Corcelles (Schweiz) — Modell Meyer	3000 „
dem Schwingungsmesser der Firma Lehmann & Michels, Hamburg — Modell Dr. Geiger	3000 „
dem Schwingungsmesser der Firma H. Maihak, Hamburg	3000 „
dem vereinigten Spannungs- und Schwingungsmesser von Dr. Reutlinger, Darmstadt	1500 „
dem vereinigten Spannungs- und Schwingungsmesser von H. Sürig, Hannover	1500 „
und dem Schwingungsmesser der Firma Trüb, Täuber & Co., Zürich — Modell de Quervain . . .	1000 „

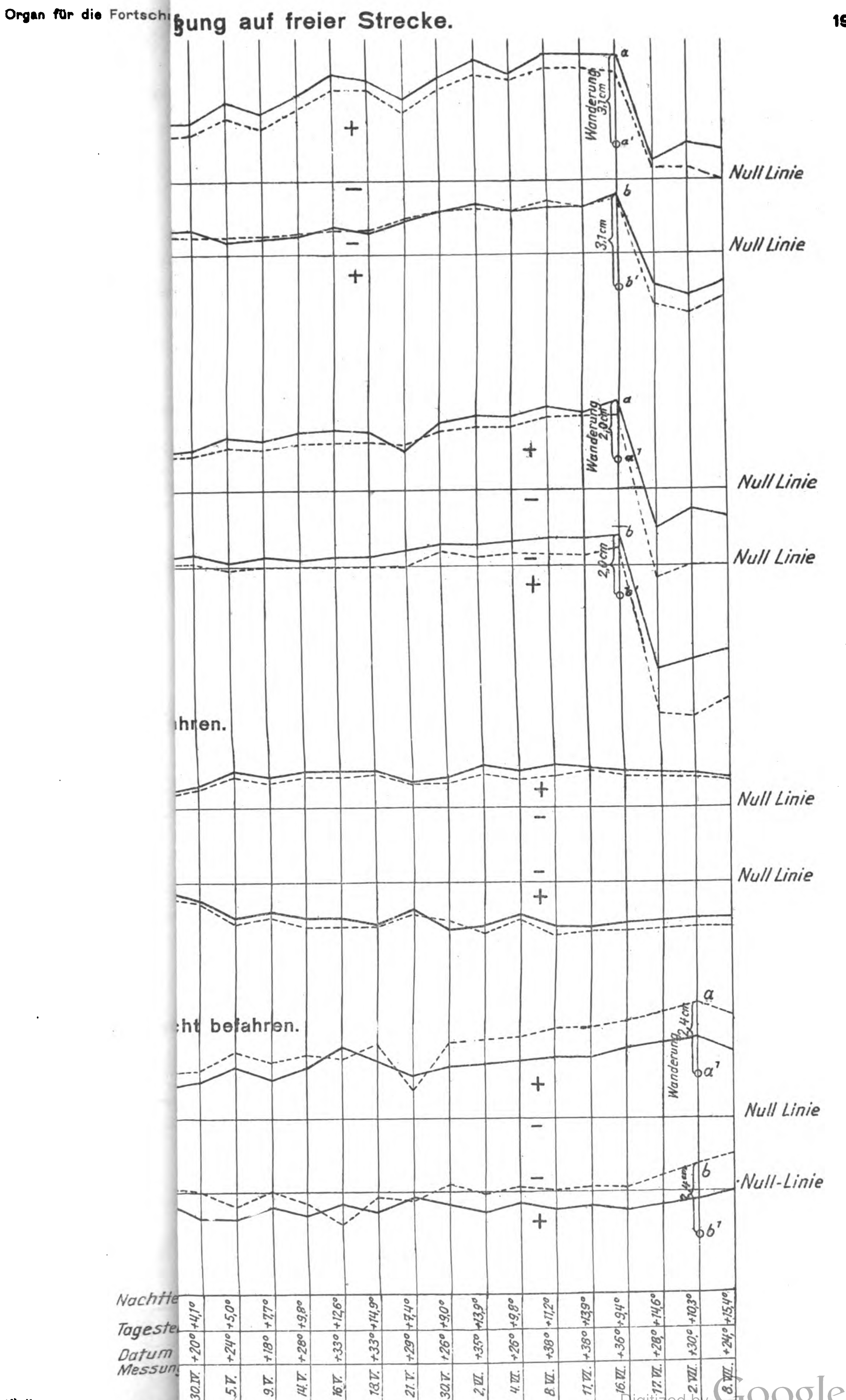
D. Veröffentlichung der Prüfverfahren und Ausstellung der Apparate.

Ausführliche Veröffentlichungen über die unter B aufgeführten Prüfverfahren bleiben vorbehalten. Die eingereichten Mefsgeräte werden in der Zeit vom 10. bis 18. Januar 1927 im Eisenbahnzentralamt, Wochentags von 10 bis 3 Uhr, Sonntags von 10 bis 1 Uhr im Zimmer Nr. 129 ausgestellt werden.

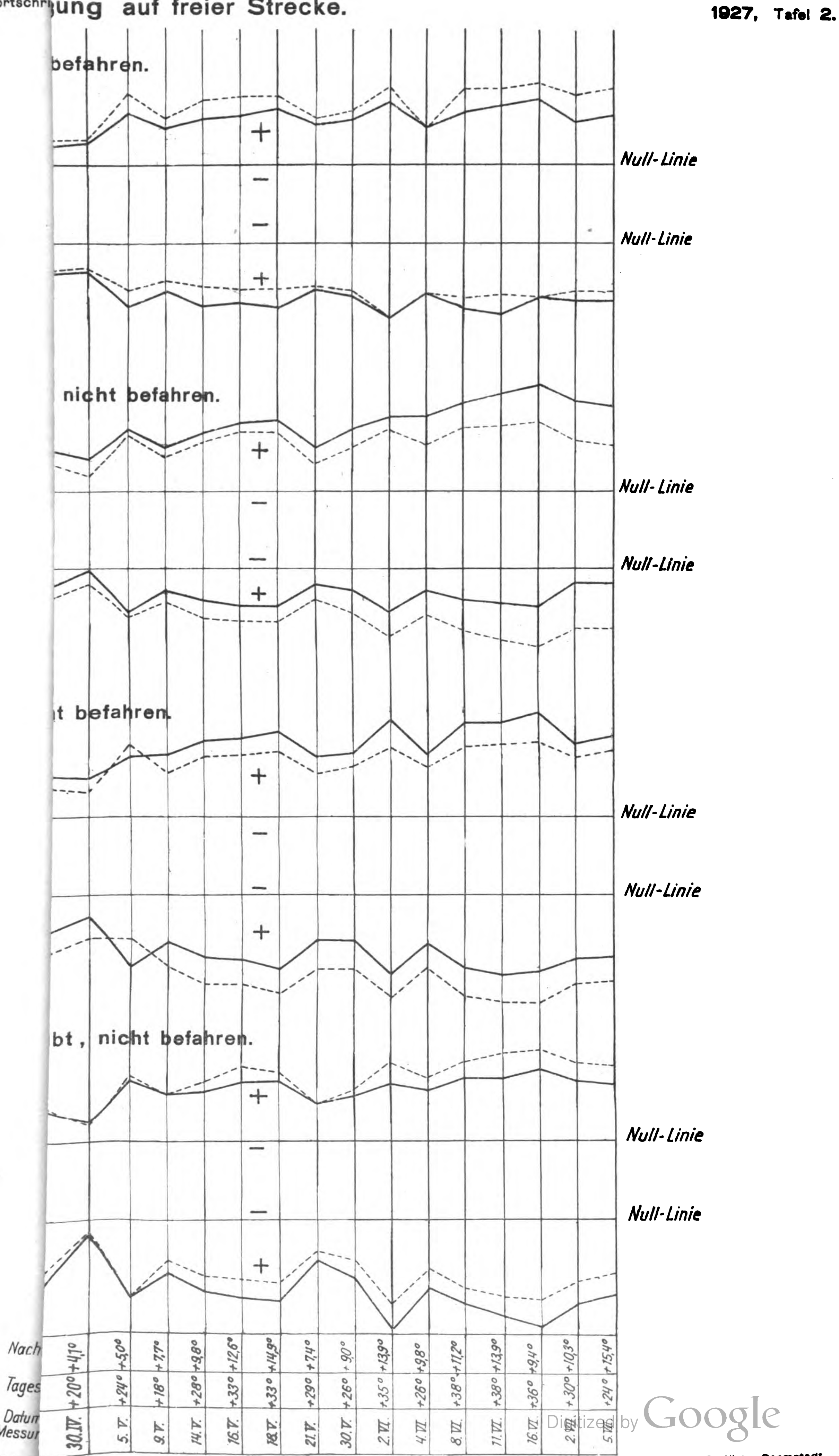
Bei der Prüfung der Schwingungs- und Spannungsmesser und der vom Preisgericht getroffenen Entscheidung über die Bewertung der eingereichten Apparate wurde Herr Professor Dr. Ing. Hort von der Technischen Hochschule Berlin als Sachverständiger auf dem Gebiete des Schwingungsmesserwesens zugezogen.

Für die Schriftleitung verantwortlich: Reichsbahnoberrat Dr. Ing. H. Uebelacker in Nürnberg. — C. W. Kreidel's Verlag in München.
Druck von Carl Ritter, G. m. b. H. in Wiesbaden.

...gung auf freier Strecke.



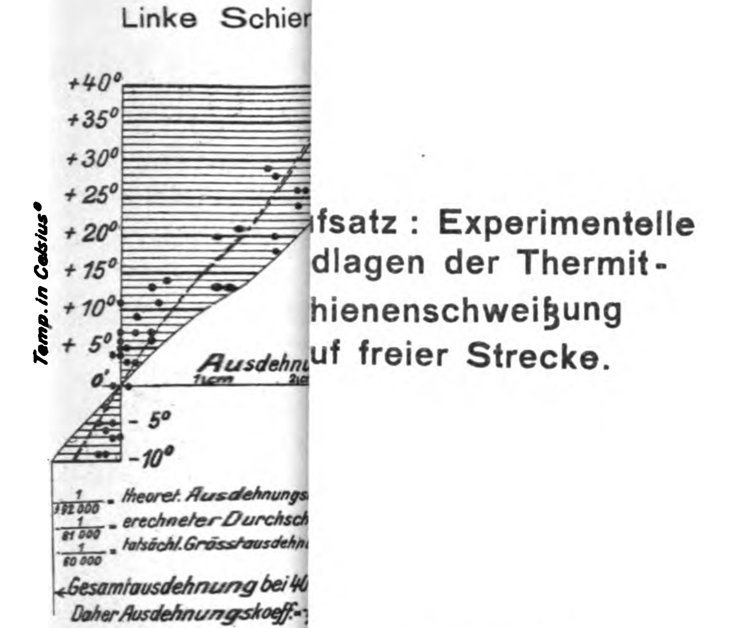
C. W. Kreidel's Verlag, Münche... Lith. Anst. v. F. Wirtz, Darmstadt.



C. W. Kreidel's Verlag, Münc Lith. Anst. v. F. Wirtz, Darmstadt.

Abb. 1a. Schien

Linke Schier



fsatz: Experimentelle dlagen der Thermit-hienenschweißung uf freier Strecke.

Abb 4. Schiene 8 beweglich, nicht befahren.

Link echte Schiene (21 - 22.)

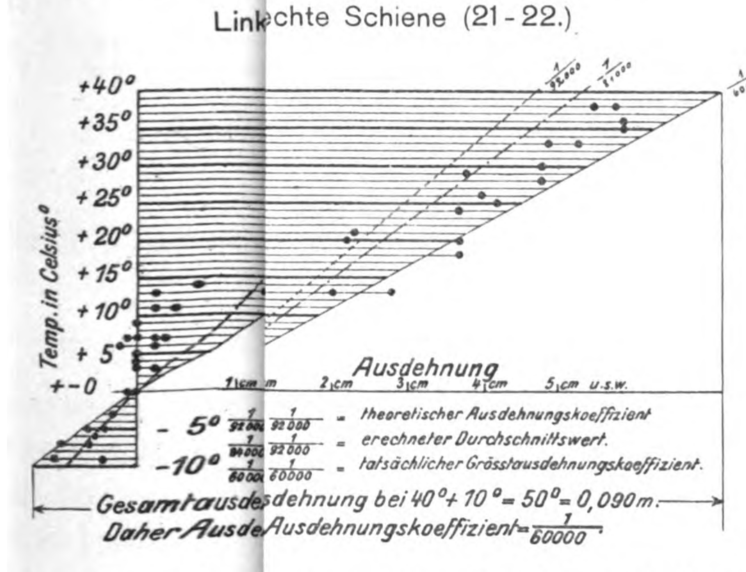


Abb 5. Schiene 84 m blatten aufgeschraubt, nicht befahren.

Linke Rechte Schiene (2 - 3.)

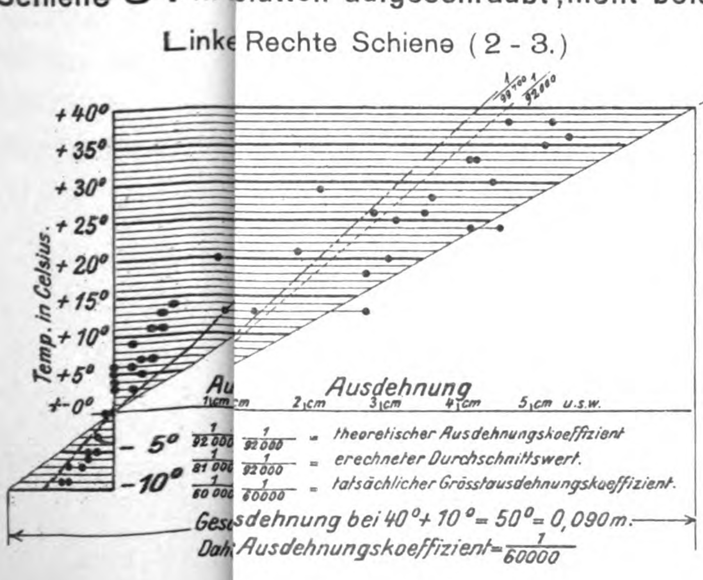
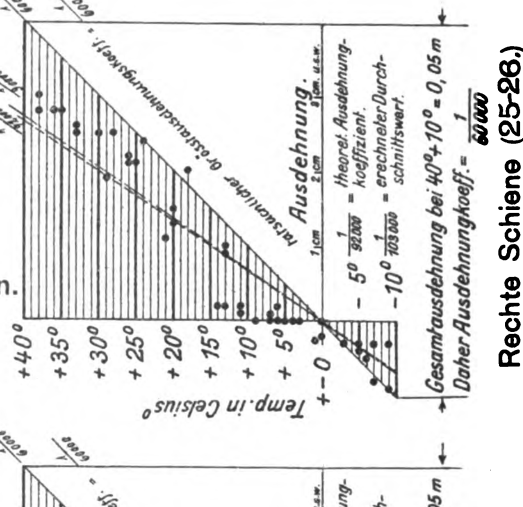


Abb. 3. Schiene 60 m lang auf Schwellen und Unterlagsplatten aufgeschraubt, nicht befahren.

Linke Schiene (39-38.)   Rechte Schiene (10-11.)



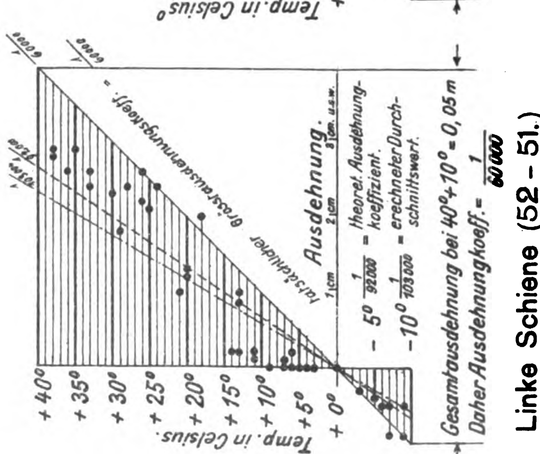


Abb. 2. Schiene 60 m lang auf Walzenunterlage, frei beweglich, nicht befahren.

Linke Schiene (52 - 51.)   Rechte Schiene (25-26.)

C. W. Kreidel's Verlag, München.   Lith. Anst. v. F. Wirtz, Darmstadt.

1927
82. Jahrgang.

ORGAN
FÜR DIE
FORTSCHRITTE DES EISENBAHNWESENS

Heft 2
30. Januar

TECHNISCHES FACHBLATT
DES VEREINS DEUTSCHER
EISENBAHNVERWALTUNGEN



HERAUSGEGEBEN VON
DR. ING. H. UEBELACKER
C. W. KREIDEL'S VERLAG · MÜNCHEN

Inhalt:

Experimentelle Grundlagen der Thermit-Schienenschweifsung auf freier Strecke. A. Wöhrl. (Schlufs.) 21. — Taf. 1 bis 3.
Zur Geschichte der Steilweichen. Dr. Ing. Bäseler. 26. — Taf. 4.
Die Seilschwebebahn auf die Zugspitze. Robert Findeis. 31.
Schutzarbeiten gegen Wasser und Frost am Bahnkörper der schwedischen Bahn Forsmo—Hoting. 33. — Taf. 5.
Verstärkung der Brücke über den Columbiaflufs in Nordamerika. 35.
Eine neue Vorrichtung zum Aufsuchen innerer Fehler in Schienen. 36.
Pullman-Wagen der Internationalen Schlafwagen-Gesellschaft. 36.
Eiserne Schlafwagen der Internationalen Schlafwagen-Gesellschaft. 37.
Dichtung der Einströmrohre an der Rauchkammer. 37.
Neue Pullmanwagen mit Turnraum und Vergnügungssaal. 37.
Aufstellung von Ankündigungszeichen vor Vorsignalen. 38.

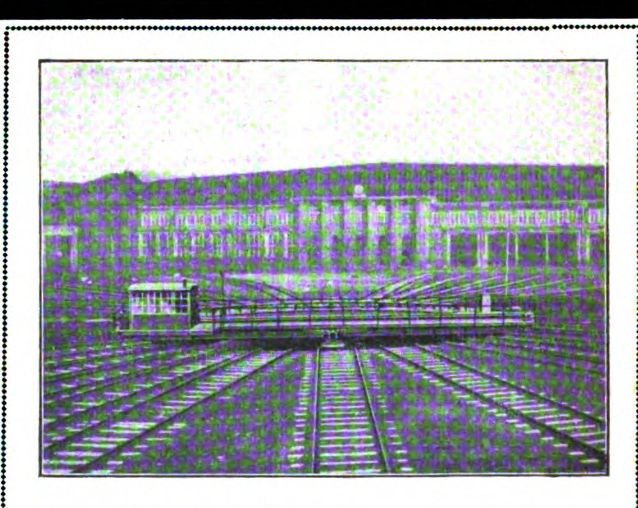
Besprechungen.

Wagner, Verzeichnis der deutschen Literatur über Verschiebebahnhöfe. 38.
Eisenbahnkunde. 38.
Unterrichtsblätter über Fernmeldetechnik. 38.

Verschiedenes. 38.
Berichtigung. 38.



ORION
ORION
UNIVERSAL-
HOCHLEISTUNGS-SÄGEMASCHINE
Mit regulierbarem Vorschub des
Sägeblattes durch Ölpreßpumpe
ORION
Konkurrenzlos in Schnittleistungen
und Schonung der Sägeblätter
GORNIG & SEVERIN
MASCHINENFABRIK·DRESDEN-A.28



Organ für die Fortschritte des Eisenbahnwesens

Technisches Fachblatt des Vereins Deutscher Eisenbahn-Verwaltungen

Schriftleitung: **Dr. Ing. H. Uebelacker, Nürnberg,** unter Mitwirkung von **Dr. Ing. A. E. Bloss, Dresden.**

82. Jahrgang | **30. Januar 1927** | **Heft 2**

Experimentelle Grundlagen der Thermit-Schienenschweifsung auf freier Strecke.

Von Reichsbahnoberrat **A. Wöhrl**, Nürnberg.

(Schlufs.)

Hierzu Tafel 1 bis 3 im Heft 1.

Längenausdehnung der Schienen und Kräftewirkung.

Die theoretischen Beziehungen zwischen Längenausdehnung der Schienen durch Temperaturwechsel und der Kräftewirkung (Elastizitätsziffer) sind bekannt.

Ein Schienen-Stahlstab von 60, 84 und 108 m Länge ändert nach den obigen Versuchsergebnissen seine Länge bei $+ 30^{0}$ C (hierbei werden $+ 10^{0}$ C als Ausgangstemperatur oder als Nullpunkt angenommen, damit Ausdehnung und Zusammenziehung gleich grofs werden) um $\frac{1}{60000} \cdot 30^{0} = \frac{1}{2000} \cdot l$ also um + 3 cm bzw. 2,4 cm bzw. 5,4 cm.

Wenn dieser Stab durch axialen Druck oder Zug wieder auf seine ursprüngliche Länge zurückgebracht werden soll, mufs eine Kraft X (kg/cm²) wirken bzw. diese Kraft X . Elast. Modul = = Längenänderung durch die Wärme oder $X \cdot 0{,}00000045 \cdot l = = \frac{1}{2000} \cdot l$ oder $X = \pm 1090$ kg/cm², das heifst, ein Stab von 1 cm² Querschnitt bedarf einer axialen Zug- oder Druckkraft von 1090 kg, um bei Temperaturlängenänderung wieder auf seine ursprüngliche Länge zurückgebracht zu werden.

Da die Versuchsschienen ein Stahlbündel von 44,71 cm² darstellen (bayer. Form IX), so ist die hierfür notwendige Druck- oder Zugkraft bei $\pm 30^{0}$ C $= 44{,}71 \cdot 1090 = \pm 48{,}73$ t, das heifst, die obige Schiene wirkt bei $+ 30^{0}$ C *infolge* ihrer Längenänderung auf jedes sich ihr entgegenstellende Hindernis (Schwellen) mit einer Kraft von + 48,73 t und zwar von der Schienenmitte als dem Ausgangspunkt oder Nullpunkt der Ausdehnung nach beiden Seiten gleichmäfsig.

Der Vorgang bei der Behinderung der Schienenausdehnung durch die Schwellen usw. (innerer Gleiswiderstand) ist nicht so einfach zu erfassen, als dies auf den ersten Blick erscheint. Es handelt sich eben nicht um die Wirkung eines starren Stabes (Schiene) auf eine Anzahl Schwellen, die alle ungefähr den gleichen Widerstand bieten, sondern um die Wirkung eines in allen seinen Teilen selbst die gleiche Kraft von ± 48,73 t erzeugenden Stabes (Schiene) auf die Schwellen, die — je weiter sie von der Schienenmitte entfernt liegen, — um so mehr durch die Schienenausdehnung verschoben werden. Der Widerstand der Schwellen wächst aber proportional (es ist eine parabolische Zunahme anzunehmen) zu ihrer Verschiebung in der Bettung.

Es ergibt sich demnach etwa das in Textabb. 2 wiedergegebene Bild für Kraftwirkung der Schiene und Widerstand der Schwelle.

Die Widerstandslinie der Schwellen ist für die verschiedenen Oberbauformen, dann für die verschiedenen Bettungsstoffe, dann für Sommer und Winter sehr verschieden. Die Schienenkraft nimmt ab, wenn das Hindernis (Schwelle) ausweicht und die Schiene sich ausdehnen kann. Sie wird gleich Null, das heifst spannungslos, wenn sie die volle Ausdehnung oder Verkürzung erreicht.

Je länger eine Langschiene, desto gröfser mufs bei ihrer Längenänderung die Verschiebung der Schwellen, desto gröfser mufs also auch der Widerstand der äufsersten Schwellen werden. Der Widerstand der Schwellen wird — wie anzunehmen ist — auch bei gröfster Verschiebung stets kleiner sein, als 48,73 t, das heifst die Schienenenden werden sich bei $\pm 30^{0}$ C stets bewegen und die Schwellen verschieben. Hierdurch wird aber die Schienenkraft sofort kleiner als 48,73 t und allmählich wird Gleichgewicht eintreten, wenn der Widerstand der Schwellen gleich der Schienenkraft wird.

Eine z. B. infolge der Kälte im Gleis sich verkürzende Schiene kann am besten mit einem gespannten Gummiband verglichen werden, das in all seinen Teilen die gleiche Spannung aufweist und dessen mittlere Teile beim Nachlassen der Spannung und beim Verkürzen des Bandes den geringsten,

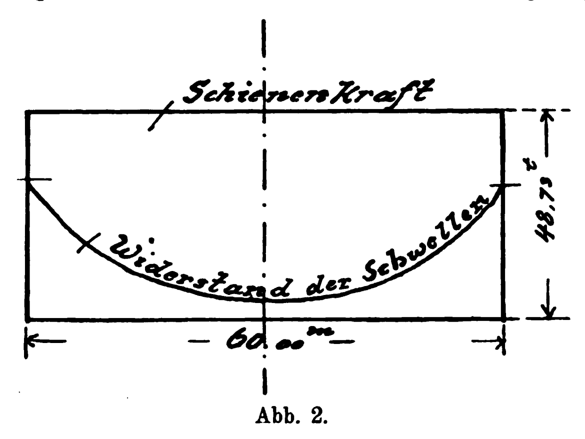


Abb. 2.

dessen Enden den weitesten Weg zurücklegen. Die Spannung im gesamten Band nimmt proportional (linear) zur Verkürzung ab.

Ein anderes Beispiel zum Vergleich: Eine Schiene von 60 m Länge sei auf einem starren Unterbau in Abständen von je 1 m in der Weise befestigt, dafs der Widerstand an jedem Befestigungspunkt gleich 60 t ist.

Das Bild für Kraftwirkung der Schiene und Widerstand des Unterbaues würde dann folgendes (Textabb. 3):

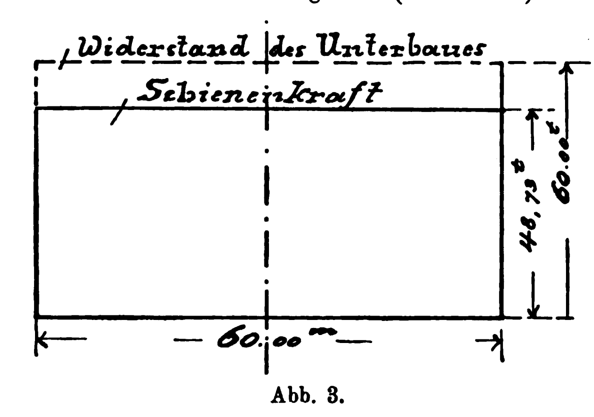


Abb. 3.

Die Schiene kann sich nicht bewegen, sie hat aber in all ihren Teilen bei ± 30 C eine Spannung von 48,73 t.

Solch hohe Spannungen (1090 kg/cm²) übersteigen zwar noch nicht die zulässige Beanspruchung der Schienen, sie sind aber nur zulässig, wenn die Schienen gegen seitliches Ausknicken vollständig gesichert sind. Hierbei ist auch noch zu



berücksichtigen, dass neben dieser sehr hohen Axialkraft noch die Biegungskräfte infolge der rollenden Lasten wirksam sind.

Die Möglichkeit der Schweifsung der freien Strecke wird zunächst auf die Tatsache gestützt, dafs die Schienen eines modernen Zuggleises nicht frei beweglich sind. Sie müssen den erheblichen inneren Widerstand der Befestigungsmittel und der Bettung überwinden und es wird vielfach — allerdings bisher ohne exakten Nachweis — behauptet, dafs dieser Widerstand die Hälfte der auftretenden Ausdehnung der Schienen aufzehre, das heifst, dafs an den geschlossenen Stöfsen bei $\pm 30^0$ C höchstens $\pm \frac{48,73}{2} = \pm 24,37$ t auftreten.

Nach den obigen Untersuchungen, wonach der Widerstand der Schwellen mit ihrer Längenverschiebung vermutlich nach einer Parabel zunimmt, erscheint die Gröfse des Widerstandes der Schwellen als eine (nicht linear) Funktion der Schienenlängen, d. h. bei einer gewissen Schienenlänge wird z. B. durch den Schwellenwiderstand die halbe Schienenausdehnung aufgezehrt, bei einer gröfseren Schienenlänge noch mehr als die Hälfte. Doch findet dies eine Grenze in dem Widerstand der Bettung.

Bei den obigen Messungsergebnissen hat sich gezeigt, dafs der innere Widerstand der Gleise gleich Null oder mindestens sehr gering war. Diese Versuche können aber, wie schon erläutert, hierfür keinesfalls als mafsgebend gelten, da die Schienen auf alten Holzschwellen teils aufgenagelt, teils aufgeschraubt waren, also keine einwandfreie Schienenbefestigung wie sie in modernen Zugsgleisen üblich ist, vorhanden war.

Hier erscheint es aber am Platze, die grundsätzliche Frage zu stellen:

Ist es nicht besser, auf den Widerstand der Schwellen und der Bettung ganz zu verzichten und den Langschienen durch eine lockere Verbindung zwischen Schienen und Schwellen sowie durch entsprechende Ausziehstöfse, sowie durch Verankerung der Schienenmitten ihre volle symmetrische unbehinderte Ausdehnung zu sichern, statt sie durch zu feste Verbindung zwischen Schienen und Schwellen zu behindern und die Gefahr von Gleisverwerfungen zu schaffen?

Die Beantwortung dieser Frage mufs der Zukunft und den weiteren Erfahrungen und Versuchen überlassen bleiben.

Weitere Versuche werden eine wesentliche Klärung des verschiedenen Verhaltens der einzelnen Oberbauarten und ihrer inneren Widerstände im Sommer und Winter bringen. Diese inneren Widerstände experimentell festzustellen, erscheint als eine der dringlichsten Aufgaben und es wäre wünschenswert, wenn von verschiedenen Dienststellen an allen möglichen Oberbauten solche Versuche ausgeführt würden, um den inneren Widerstand der verschiedenen Oberbauarten rechnerisch festzulegen.

Erst dann wird die Frage beantwortet werden können, welcher Weg bei der Schweifsung der freien Strecke ohne Gefahr eingeschlagen werden und ob besser kürzere Schweifsstrecken, (etwa bis 60 m) mit Normallaschen oder längere (mindestens 150—200 m oder noch wesentlich gröfsere Längen (von 500—1000 m) mit Ausziehstöfsen vorzuziehen sind und ob im letzteren Fall eine lockere oder eine feste Verbindung zwischen Schienen und Schwellen die bessere Lösung bedeutet.

Da die Kosten guter Ausziehstöfse sehr hoch sind (200—400 ℳ für einen Schienenstofs), so mufs mit Rücksicht auf die Wirtschaftlichkeit angestrebt werden, die Langschienenstrecken so grofs als möglich zu wählen.

Wanderung der Langschienen.

Eine weitere wichtige Frage, durch die das Problem der Schienenschweifsung der freien Strecke wesentlich beeinflufst wird, bildet die Wanderung der Schienen oder der Gleise.

Es interessiert zunächst die Frage, ob die Wanderung der Schienen bzw. des Gleises bei geschweifsten Strecken geringer wird. Es liegt der Gedanke nahe, dafs infolge der Langschienen die Haftfestigkeit der Schienen an den Schwellen gröfser wird, dafs infolge der vielzähligen Verbindungen von Langschienen mit den Schwellen das Gleis einen gröfseren Widerstand gegen das Wandern auszuüben vermag.

Demgegenüber ist zunächst zu bemerken, dafs — insoweit die Wanderung auf die Wirkung der rollenden Räder einschliefslich Bremsung zurückzuführen ist — die Wanderung im allgemeinen die gleiche bleiben wird, solange die Länge der geschweifsten Strecken nur ein Bruchteil der Zuglänge ist — auf der Schweifsstrecke also verhältnismäfsig ebensoviel Achsen die Wanderung erzeugen, wie wenn nur 2 oder 3 Achsen auf einer Schienenlänge von 15 m rollen. Der Mehrlänge der geschweifsten Schiene entspricht die gleiche Mehrzahl von Achsen — also mufs auch die Wanderwirkung im allgemeinen die gleiche sein — soweit sie nicht auf die Stöfse selbst zurückzuführen ist.

Günstiger werden die Verhältnisse bei sehr langen Strecken, vor allem wenn die Schweifsstrecken ein Vielfaches der Zuglänge erreichen. Es ist klar, dafs hier der Schubwirkung des Zuges ein wesentlich gröfserer Widerstand entgegengesetzt wird, da auf die Strecke verhältnismäfsig viel weniger Achsen treffen und wirken.

Je länger die geschweifsten Schienen über Zuglänge hinaus werden, desto geringer wird die Wanderung und es erscheint unter diesem Gesichtspunkt zweckmäfsig, die Schienen in den gröfstmöglichen Längen zu verschweifsen.

Die Ursachen der Wanderung (gleichviel ob reine Schienenwanderung, oder Schienen mit Schwellenwanderung) sind folgende:

1. Schläge der rollenden Lasten auf die aufnehmenden Stofsschienen und auf unebene sonstige Schienenstellen.
2. Wirkung der rollenden Reibung und Reibungswiderstände zwischen Rad und Schiene.
3. Bremswirkung der Fahrzeuge.
4. Ungleiches Abrollen der Räder auf fester Achse in Kurven, da das äufsere Rad stets einen gröfseren Weg zurücklegen mufs als das innere.
5. Wirkung der Triebräder der Lokomotiven, die die Schienen nach rückwärts zu verschieben trachten.
6. Längsschub infolge der Wellenbewegung der Schienen unter den rollenden Lasten.

Die vorstehenden Ursachen führen zu Schienen- bzw. Gleiswanderungen, die aber in ihrer Wirkung aufserordentlich mannigfaltig und oft schwer zu ergründen sind. Die beiden Schienen eines Gleises verhalten sich oft ganz verschieden, besonders bei eingleisigem Betriebe. So schwierig die klare Erkenntnis der Ursache in einzelnen Fällen auch ist, eines steht fest, dafs die Wanderung eine der gröfsten Gefahren für ein seitliches Ausweichen der Gleise (Verwerfungen) bildet, wenn nämlich die Ausdehnungslücken über eine gröfsere Strecke durch Wanderung sich schliefsen und hierzu dann noch eine starke — aber behinderte — Temperaturausdehnung tritt. Hierüber soll weiter unten noch einiges ausgeführt sein.

Die Feststellung, ob die Wanderung der Schienen bzw. des Gleises bei geschweifsten Langschienen verhindert oder wenigstens vermindert wird, ist von höchster Wichtigkeit, weil gerade die Wanderungen die gröfste Gefahr für Verwerfungen bilden und weil es von diesen Wanderungen zum guten Teil abhängt, ob Schweifsungen der freien Strecke überhaupt ohne Betriebsgefahr zugelassen werden können.

Von den vorgenannten Ursachen der Wanderung scheiden bei geschweifsten langen Strecken die Schläge auf die aufnehmenden Schienen aus, alle anderen Ursachen bleiben unverändert bestehen. Um das Mafs der Wirkung der Stofsschläge wird daher allgemein die Wanderung in geschweifsten Strecken geringer sein als in gewöhnlichen Gleisstrecken. Dieses Mafs wird relativ erheblich sein in Strecken, in denen keine Bremsung stattfindet, wesentlich geringer aber in Bremsstrecken, da hier die Wirkung der Bremsung auf die Wanderung überwiegt.

Die einzelnen Anteile rechnungsmäfsig festzustellen, ist bei der Verwickeltheit der Wanderursachen nicht leicht möglich, ein Ziel der weiteren experimentellen Forschung, wird aber sein, festzustellen, wie grofs eben in normalen Zuggleisen für verschiedene lange Strecken der Wanderschub bzw. die Wanderung tatsächlich innerhalb gewisser Zeiträume wird und zwar einerseits in Bremsstrecken, andererseits in nicht gebremsten Strecken.

Auf diese Weise läfst sich wohl ein brauchbarer Mafsstab finden für die Gröfse der Wanderung verschiedener Oberbauarten und Längen für Brems- und Nichtbremsstrecken. Damit ist den Beamten der Gleisunterhaltung ein Mittel an die Hand gegeben, doch einigermafsen sich darüber Aufschlufs zu geben, welche Schienenbewegung auf Wanderung und welche auf Temperatur-Ausdehnung zurückzuführen und wann der Zeitpunkt gekommen ist, um schädliche Wirkungen der Wanderung durch Zurückziehen der Schienen zu verhindern.

Gleis-Verwerfungen.

Im nachfolgenden soll noch die Gefahr der Verwerfungen bei Schweissstrecken erörtert werden. Diese Gefahr erscheint den meisten Fachleuten als ausschlaggebend, um von vornherein Schienenschweifsungen auf freier Strecke grundsätzlich abzulehnen.

Sie sagen, dafs, wenn die freie Bewegung der Schienen, wie sie jetzt in den Laschenkammern bei normalem Anziehen der Laschenschrauben stets möglich ist, verhindert wird, die Schienen derart ungeheuren axialen Druck erleiden müfsten, dafs sie explosiv sich nach der Seite Luft machen werden.

Um hier klar zu sehen, ist es notwendig, die Voraussetzungen für Verwerfungen, ihre Ursachen und die hierbei auftretenden Kräfte und Widerstände des näheren zu untersuchen.

Ich weifs freilich, dafs ich mich dabei auf ein noch wenig durchforschtes Gebiet begebe und dafs es aufserordentliche Schwierigkeiten bietet, um zu exakten Ergebnissen zu kommen. Immerhin soll das erörtert werden, was über Verwerfungen bekannt ist und inwieweit durch experimentelle Versuche eine Grundlage für eine rechnerische Verfolgung der Vorgänge möglich erscheint.

Über Gleisverwerfungen ist im allgemeinen nur bekannt, dafs sie meist nur bei Gleisen aufgetreten sind, die entweder in der Bettung aus Unterhaltungsgründen freigelegt (ausgekoffert) werden mufsten oder die bei Neubauten noch nicht genügend eingebettet waren. Aber auch Gleisverwerfungen voll eingebetteter Gleise sind bisher schon — wenn auch selten — vorgekommen und mir bekannt geworden, wenn auch im technischen Schrifttum darüber nichts zu finden ist.

Es ist ferner wohl als feststehend und durch die Praxis als erhärtet zu betrachten, dafs Verwerfungen nur dann aufgetreten sind, wenn der Unterhaltungszustand eines Gleises mangelhaft war, wenn also die Temperaturlücken eines Gleises infolge Wanderung auf längere Strecken geschlossen waren oder die Laschenschrauben infolge zu strammen Anziehens die Längenausdehnung der Schienen verhinderten, bei abnormen Wärmegraden also ganz unzulässig hoher Druck in den Schienen auftreten mufste.

Gleisverwerfungen haben also bisher in den meisten Fällen zur Voraussetzung gehabt, dafs die Schwellen ganz oder teilweise frei lagen und ferner gleichzeitig, dafs die Temperaturlängenänderung behindert war.

Es kann nicht Wunder nehmen, wenn unter solchen Umständen der geringe seitliche Widerstand, den die Schwellen in der blosgelegten Bettung finden, durch den aufserordentlich hohen axialen Druck in den Schienen, deren Knickfestigkeit ja bei gröfserer Länge des Gleises der eines Stahldrahtes zu vergleichen ist, mühelos überwunden wird und plötzlich ein Gleis mit einem Ruck die bekannte Schlangenlinie zeigt, auf der jeder Zug entgleisen mufs.

Es ist aber immerhin bemerkenswert und beruhigend, dafs der seitliche Widerstand eines eingefüllten Gleises bei den bisherigen Schienenlängen und den hieraus sich ergebenden Druckspannungen, die bei schlechtem Unterhaltungszustand doch auch heute schon eine ungewöhnliche Höhe erreichen konnten, bisher im allgemeinen genügt hat, um Verwerfungen hintanzuhalten, dafs also der nicht allzuhohe seitliche Gleiswiderstand genügte, um ein Ausknicken der Schienen nicht aufkommen zu lassen und mindestens den Gleichgewichtszustand zu erhalten.

Es wird daher für die Erforschung der Gleisverwerfungen in erster Linie notwendig, experimentell den Widerstand festzustellen, den die verschiedenen Oberbauarten in den verschiedenen Bettungen (mit und ohne Verfüllung) einer seitlichen Verschiebung (bei Doppelbahnen nach aufsen!) entgegensetzen, andererseits aber rechnerisch zu ergründen, welche seitlichen Kräfte bei Beginn der Knickung von Langschienen in Geraden und Kurven auftreten können.

So einfach sich die experimentelle Feststellung der seitlichen Widerstandskraft eines Gleises gestaltet, so schwierig ist die rechnerische Ermittlung des auftretenden Seitenschubs von Langschienen.

Zunächst soll dieser für Kurven untersucht werden.

Wenn A die axiale Spannung einer Schiene ist,

R = Bogenhalbmesser,

l = Bogenlänge,

p = Widerstandskraft des lfd. m Schiene gegen Ausknicken des Bogens und $P = p \cdot l$, so ergibt sich, wenn die halbe Bogenlänge gleich der halben Sehnenlänge gesetzt wird, aus Textabb. 4 die Beziehung:

$$\frac{l}{R} = \frac{P}{A} = \frac{p \cdot l}{A} \text{ oder } p = \frac{A}{R},$$

d. h. die auftretende seitliche Kraft p ist proportional dem axialen Schub in den Schienen und umgekehrt proportional dem Halbmesser.

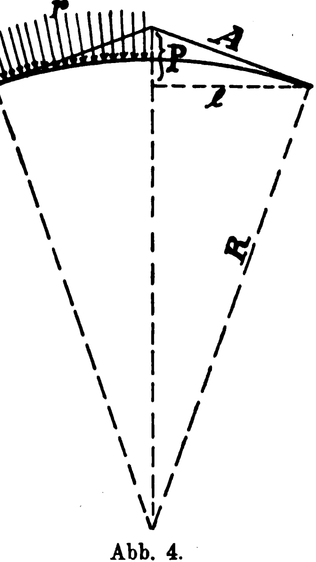


Abb. 4.

Rein theoretisch würde also bei $R = \infty$ (d. h. in der Geraden) $p = 0$ werden, also kein seitlicher Schub auftreten. Dafs dies der Wirklichkeit nicht entspricht, ist klar und gerade der seitliche Schub in der Geraden interessiert uns am meisten, weil er auch am gefährlichsten ist, da die Schienen in der Kurve viel ungefährlicher nach aufsen ausweichen können als ein gerades Gleis, das eine Schlangenlinie bildet — also unweigerlich zu Entgleisungen Anlafs geben mufs.

Man versucht, der Antwort dadurch nahe zu kommen, dafs man berechnet, wie grofs die seitlichen Kräfte p werden bei verschiedenen Kurven und hieraus auf die Gerade schliefst und annimmt, dafs dort keinesfalls gröfsere seitliche Kräfte auftreten können. Inwieweit dies richtig ist, soll weiter unten untersucht werden.

Zunächst soll die seitliche Kraft für verschiedene Halbmesser (1000 m und 500 m) und für den nach dem obigen im ungünstigsten Falle zu erwartenden axialen Schub von 1090 kg/m² berechnet werden für eine Schiene von 56 cm² (bayerische Form X) bei + 30° C.

Wenn R = 1000 m und A = 56 . 1090 = 61000 kg,

wird $p = \frac{A}{R} = \frac{61000}{1000} = 61$ kg/m und für beide Schienen 122 kg m,

d. h. auf den lfd. m drückt das im Halbmesser von 1000 m liegende Gleis mit 122 kg nach auswärts.

Wenn R = 500 m und A = 61000 kg,

wird $p = \frac{61000}{500} = 122$ kg/m und für beide Schienen 244 kg/m.

Das ist nun zweifellos keine erschreckend hohe Seitenkraft und es ist anzunehmen, dafs ein eingefülltes Gleis dem Seitenschub von 244 kg/m leicht Stand hält. Versuche müssen dies bestätigen.

Es wäre aber ganz falsch, anzunehmen, dafs mit dieser rein theoretischen Erörterung die bei Gleisverwerfungen auftretenden Seitenkräfte sämtlich berücksichtigt sind (Fliehkraft der Fahrzeuge usw.) oder gar anzunehmen, dafs, wenn bei Kurven so geringe Seitenkräfte auftreten, dann bei Geraden noch geringere wirken, die Gefahr der Verwerfung also sehr gering sei.

Schon der Umstand, dafs Gleisverwerfungen häufiger in Geraden und unter oder bzw. unmittelbar vor den Zügen auftreten, gibt einen Fingerzeig, dafs die durch die dynamischen Wirkungen der Fahrzeuge entstehenden starken Seitenkräfte nicht unberücksichtigt bleiben dürfen, und dafs diese vielleicht sogar als ausschlaggebend für die Verwerfungen angesehen werden müssen.

Schon Max Maria von Weber (1822 bis 1881, Sohn des Tondichters C. Maria von Weber), der ein hochbedeutender Eisenbahnfachmann war, hat ausgedehnte Versuche über den seitlichen Widerstand der Gleise angestellt und veröffentlicht (»Stabilität des Gefüges der Eisenbahngleise«), indem er hydraulische Pressen an die Schwellenköpfe ansetzte und den Widerstand mafs, und zwar sowohl bei unbelastetem wie belastetem Gleis, sowie an Schwellen allein (ohne Schienen).

Er kam zu dem Ergebnis, dafs unbelastete, an den Schwellenköpfen freie Gleise einen auffallend geringen seitlichen Widerstand leisten, viel kleiner als die seitliche Kraft, die die Lokomotiven damals ausübten.

Er stampfte nun die Schwellenköpfe mit gutem Bettungsstoff ein und fand dann, dafs die Zunahme des Widerstandes sehr gering war und nicht im Verhältnis zu den Kosten stand.

Das gleiche Ergebnis hatte er mit Vorschlagpfählen an den Schwellenköpfen.

Bei belastetem Gleis ergab sich, dafs die seitliche Widerstandsfähigkeit direkt proportional der Belastung zunahm.

Unter den neueren theoretischen Untersuchungen über die verwickelten Vorgänge bei der seitlichen Beanspruchung eines Gleises erwähnt Bräuning die Untersuchungen Bödeckers, nach denen das vordere äufsere Vorderrad einer älteren dreiachsigen steifen Lokomotive mit der Radlast P in den stärksten Krümmungen bis zu 0,6 P, dann die Versuche von Fuchs und Wöhler, nach denen dieses Rad bis zu 0,67 P nach aufsen drückt.

Ferner erwähnt er die Versuche über die Standfestigkeit der Schienen in der Zeitschrift für Bauwesen, 1892, Seite 247.

Bräuning kommt zu dem Schlufs, dafs im freien Betriebsgleis bei ordnungsgemäfsem Gleiszustand, sicherer Schienenlage und angemessener Gleisunterhaltung die im Gleis wirkenden Querkräfte selbst in scharfen Bogen nicht ausreichen, die Standsicherheit der Breitfufsschienen zu gefährden, dafs sie dagegen in sehr scharfen Bogen unter besonders ungünstigen Bedingungen imstande sind, den Spurkranz auf die Aufsenschiene zu heben, weshalb man in neuerer Zeit zur Schutzeinrichtung der Leitschienen gegriffen hat.

Aus der starken seitlichen Beanspruchung dieser Leitschienen, durch die auch der Fahrwiderstand bedeutend erhöht wird, schliefst Bräuning auf einen Seitenschub der Achsen von 4000 kg.

Dies entspricht etwa $^1/_4$ unserer heutigen Achslasten oder 0,5 der Radlast. Diese seitlichen Kräfte sind also bedeutend gröfser als die durch die Temperaturausdehnung der Schienen entstehenden Seitenkräfte und können für den lfd. m auf $\frac{4000}{4}$ bis $\frac{4000}{2} = 1000-2000$ kg/m angenommen werden.

Hierzu kommt ferner noch die Fliehkraft in gekrümmten Gleisen, die ebenfalls für sich einen wesentlich gröfseren Wert erreicht als die Seitenkraft durch Temperaturausdehnung.

Unbekannt ist heute, welchen Widerstand ein modernes Gleis gegen diese äufseren seitlichen Kräfte leistet.

Fest steht, dafs eingefüllte belastete Gleise bei der heutigen Gleisanordnung infolge der starken Reibung zwischen Schwellen und Schotter gegen Verwerfungen am besten gesichert sind, ferner, dafs eingefüllte nicht belastete Gleise im allgemeinen noch, wenn nicht ganz aufsergewöhnliche Unbeweglichkeit der Stöfse infolge mangelhafter Unterhaltung vorliegt, den auftretenden Querkräften einen genügenden Widerstand entgegensetzen, dafs aber nicht eingefüllte unbelastete Gleise — wie dies mit Rücksicht auf die oben berechneten Axial- und Querkräfte nicht anders zu erwarten ist — bei hohen Wärmegraden und unbeweglichen Stöfsen seitlich ausweichen und, wenn sie befahren werden, infolge der dynamischen Querkräfte vor den Radlasten verschoben und verworfen werden können.

Die experimentelle Untersuchung müfste daher als Grundlage für die Beurteilung der Ungefährlichkeit der Schienenschweifsung auf der freien Strecke hauptsächlich zu ergründen suchen, wie grofs der Widerstand ist, den eingefüllte normale Gleise der freien Strecke einer seitlichen Verschiebung entgegensetzen und zwar vor allem in unbelastetem Zustande, da stets die vor der Lokomotive liegende unbelastete Strecke zuerst ausknicken wird. Diesen Widerstand auch bei belasteten Gleisen festzustellen, halte ich — abgesehen von der Schwierigkeit der Ausführung — nicht für nötig, da ein Ausknicken eines Gleises unter der Lokomotivlast als ausgeschlossen gelten kann. Entgleisungen werden stets dadurch entstehen, dafs die Lokomotive in das bereits verworfene oder bzw. das sich eben verwerfende Gleis hineinfährt.

Es ist mir kein Fall bekannt geworden, dafs eine Gleisverwerfung unter einem Zug entstanden ist, dafs also die belasteten Schwellen sich seitlich verschoben hätten, dagegen sind mir genug Fälle bekannt, dafs unmittelbar vor dem Zug und durch dessen dynamischen Wirkungen veranlafst, ein Gleis sich verworfen hat.

Zur Erforschung der Verwerfungen wäre es von höchster Wichtigkeit, wenn durch eine amtliche Erhebung alle bisher bekannten und vor allem alle künftigen Verwerfungen in ihrem Verlauf und ihren mutmafslichen Ursachen, so weit möglich, geklärt würden. Bisher hat man sich im allgemeinen mit der Kenntnis der Tatsache einer Verwerfung begnügt und die meist nicht einwandfreien Unterhaltungsverhältnisse raschestens verschwinden lassen. Zu einer Erforschung aller Einzelheiten bestand kaum ein Anlafs.

Aber auch wenn der Nachweis erbracht wird, dafs Gleisverwerfungen nicht ohne weiteres und nicht mehr wie bisher zu fürchten sein werden, wird eine besonders sorgfältige Unterhaltung und Beobachtung der Langschienenstöfse notwendig bleiben, um den Gefahren, die aus Wanderung und Temperatur-Ausdehnung und Zusammenziehung (Abscheeren der Laschenbolzen im Winter) entstehen, rechtzeitig zu begegnen. Geschweifste Langschienen, vor allem der freien Strecke, werden die Gleiswirte vor ganz neue Aufgaben stellen und die Beobachtung und Unterhaltung der Schweifsstöfse und der Stofslücken wird wesentlich höhere Anforderungen an die Unterhaltungsbeamten stellen als dies bisher der Fall war.

Schliefslich soll hier noch ein weiterer Einwand Erwähnung finden, der gegen die Schweifsung von Langschienen vielfach geltend gemacht wird. Er liegt allerdings auf einem anderen Gebiete als die vorbehandelten Kräftewirkungen.

Es ist der angeblich erschwerte Ausbau der Schienen, die schwierige Auswechslung beschädigter Schienen, der Transport bei Wiederverwendung ausgebauter Langschienen.

Diese Bemängelungen sind nicht von der Hand zu weisen, aber sie dürfen gegenüber den wirtschaftlichen Vorteilen der Schienenschweifsung im Hinblick auf die leichte Trennung durch autogenes Zerschneiden nicht überschätzt werden. (Siehe auch Organ 1925, Heft 22). Meines Erachtens kann sogar ein Verladen und ein Transport von Langschienen ins Auge gefafst werden, wenn hierfür entsprechend eingerichtete Spezialwagen und Hebezeuge zur Verfügung stehen. Jedenfalls spielt diese Frage der Wiederverwendung der Langschienen nur eine untergeordnete Rolle in dem ganzen Fragenbereich.

Kosten und Wirtschaftlichkeit der Schweifsung.

Schliefslich sollen noch die Kosten der Schweifsung und die wirtschaftlichen Erfolge näher erörtert werden.

Eisenbahnamtmann Kranz hat für die besonders schwierig auszuführende Schweifsung im Schlüchterner Tunnel einen Mehraufwand gegenüber dem Laschenstofs von 47,10 ℳ auf einen Schienenstofs errechnet.

Bei den Schweifsungen im Rangierbahnhof Nürnberg betrugen die Kosten auf einen Schienenstofs abzüglich der Ersparnisse für Schwellen und Kleineisen 8 bis 12,50 ℳ je nach der Schienenform. Eine weitere Verbilligung ist möglich.

Diesem Mehraufwand steht als Ersparnis im Betriebe gegenüber:

1. Der Wegfall der Unterhaltung der vielen Stöfse, die bekanntlich die meiste Arbeit in der Bahnunterhaltung erfordern, infolge gleichmäfsiger Belastung der Bettung und des Untergrundes;
2. die gröfsere Schonung des Gleises und der Fahrzeuge. Die Unterhaltungskosten der letzteren dürften wesentlich geringer werden;
3. Verminderung der Zugwiderstände.

Wenn auch diese wirtschaftlichen Vorteile in ihrer rechnungsmäfsigen Gröfse heute noch schwierig zu erfassen sind, so dürfte doch ohne weiteres anzunehmen sein, dafs sie so grofs sind, dafs die Mehrausgaben für die Schweifsung (auf ein km Gleis bei 15 m langen Schienen und 60 m Langschienen rund 1000 bis 1200 ℳ) in kürzester Frist (meines Erachtens schon in wenigen Jahren) wieder eingespart werden.

Schlufsfolgerung.

Es ist nach dem Ergebnis meiner vorstehenden Untersuchungen und Erörterungen durchaus zu verstehen, wenn die Hauptverwaltung den Schienenschweifsungen auf der freien Strecke noch sehr zurückhaltend gegenübersteht. Ich hielte es auch für den gröfsten Schaden, wenn in dieser für die Zukunft unserer Eisenbahngleise so überaus wichtigen, ja umwälzenden Frage etwa übereilt vorgegangen würde und durch einen hieraus sich ergebenden Fehlschlag — ganz abgesehen von der Verantwortung bei einem Unfall — die an sich höchst beachtenswerte Sache mit einem Schlage gefährdet würde.

Aber eines steht fest, dafs die bisherigen Bedenken gegen die Schienenschweifsung besonders gegen die Haltbarkeit der Stöfse auf Grund von Ätzproben und mikroskopischen Untersuchungen heute schon grofsenteils überwunden sind und durch die stetige Vervollkommnung des Schweifsverfahrens sicher ganz beseitigt werden dürften.

Die im Rangierbahnhof Nürnberg nunmehr fast $1^1/_2$ Jahre liegenden 186 Stück Schweifsstöfse, die bisher nicht die geringsten Beschädigungen aufweisen, sprechen hierfür.

Wenn nun auch die Schienenschweifsung bei dem heutigen Stande der Erkenntnis und Forschung für die freie Strecke noch als verfrüht bezeichnet werden mufs, so ist sie doch heute schon in ausgedehntestem Mafse zu empfehlen für die schon eingangs erwähnten Fälle (Schienen in Tunneln und auf Eisenbahnbrücken, Übergangsstöfse, Anschlufs von Herzstücken an die Anschlufsschienen, Ablaufgleise in Rangierbahnhöfen, Laufkränze von Drehscheiben, Schiebebühnengleise usw.) und es werden sich hieraus wesentliche technische wirtschaftliche Vorteile mit Sicherheit ergeben.

Dieses Feld der Tätigkeit ist zunächst auch so grofs, dafs eine geraume Zeit darüber vergehen wird, bis man an neue gröfsere Aufgaben, vor allem an die Schienenschweifsung der freien Strecke herangehen kann.

Möge es inzwischen gelingen, die noch fehlenden Versuche bezüglich des inneren Widerstandes der Gleise gegen Verschiebung in der Längs- und Seitenrichtung und die Kräftewirkung bei Gleisverwerfungen mit Erfolg durchzuführen und durch weitere Forschungsarbeit aller für den Fortschritt unserer Eisenbahngleise interessierten Gleiswirte volle Klarheit in all diese Vorgänge zu bringen und so eine sichere Grundlage für die Beurteilung von Wirkung und Gegenwirkung der geschweifsten Gleise der freien Strecke zu schaffen — vor allem aber endgültig die Frage zu klären, ob eine Schweifsung langer Strecken von 500 und 1000 m mit Ausziehstöfsen möglich ist oder ob kurze Strecken etwa bis 60 m unter Beibehaltung der bisherigen Laschenverbindung (also unter Zulassung von Druck- und Zugspannungen, je zur Hälfte) vorzuziehen sind.

Ebenso müfste geklärt werden ob bei der Schweifsung sehr langer Strecken von 500 und 1000 m nicht eine möglichst lockere Verbindung zwischen Schienen und Schwellen, die der Ausdehnung der Schienen keinen allzugrofsen Widerstand entgegensetzt und bei der von vornherein auf den Haftwiderstand der Schwellen teilweise verzichtet wird, die Lösung bedeutet.

Für die Beurteilung dieser Frage ist zuletzt auch noch erwähnenswert, dafs durch Schutz der Schienen gegen unmittelbare volle Sonnenbestrahlung, wie dies auf den Linien der schon oben erwähnten Rheinischen Bahngesellschaft in Düsseldorf mit bestem Erfolg durch Einbetten der Schienen in Kesselasche durchgeführt wurde (Schienen beiderseits auf 20 cm Breite in Asche bis zum Kopf eingebettet), eine wesentlich günstigere Grundlage für die Verschweifsung langer Strecken geschaffen werden kann, wenn auch die erschwerte Zugänglichkeit der Bestimmungsmittel nicht gerade wünschenswert erscheint.

Zur Geschichte der Steilweichen.

Von Reichsbahnrat Dr. Ing. **Bäseler**, München.

Hierzu Tafel 4.

Über die Steilweichen liegen neuerdings zwei Aufsätze von dritter Seite vor, nämlich von Niemann »Verbesserung von Weichenfahrwegen«*) und von Marek »Verkürzte Kreuzungsweichen« **).

(Vergleiche auch Miller: »Der Ausstellungsbahnhof auf der deutschen Verkehrsausstellung München 1925«. Zt. d. V. d. E. v. 1925, Nr. 36.)

Die Aufsätze geben mir in einigen Punkten Veranlassung zu Bemerkungen, zu denen ich mich um so mehr gedrängt fühle, als ich wohl weifs, dafs in ihnen die Meinung vieler Fachgenossen zum Ausdruck kommt. Meine Ansichten werden für manche vielleicht etwas Überraschendes haben; ich bitte die Verfasser überzeugt zu sein, dafs ich ihre Meinung auch da verstehe, wo sie Kritik enthält, da ich früher von den gleichen Voraussetzungen ausgegangen bin, und sie durchaus begrüfse, da der ganze Fortschritt davon abhängt, dafs diese Dinge in möglichster Öffentlichkeit erörtert werden.

Niemanns Ergebnisse sind sehr bemerkenswert. Endlich greift ein Mann der Praxis die Frage frisch an, macht eine Reihe von Versuchen und -- über den Erfolg brauche ich wohl nichts hinzuzufügen.

Es ist ja leider so, dafs bei unserer grofsen Verwaltung ein neuer Gedanke — selbst bei gutem Willen auf allen Seiten — ein kleines Menschenalter braucht, um sich durchzusetzen. (Das liegt an der Gröfse und ist schwer zu ändern: bei Industriekonzernen ist es oft noch viel schlimmer.) Wo tatkräftige Männer sind, geht es trotzdem schneller; Beispiele sind Magdeburg und München, wo der von Miller geschaffene Lebensmittelbahnhof seit einigen Monaten mit bestem Erfolg in Betrieb ist; Textabb. 1 zeigt die grofse verkürzte Weichenstrafse mit 8 hintereinanderliegenden steilen Kreuzungsweichen; Textabb. 2 zeigt eine steile Kreuzungsweiche in Verbindung mit einer einfachen Steilweiche.

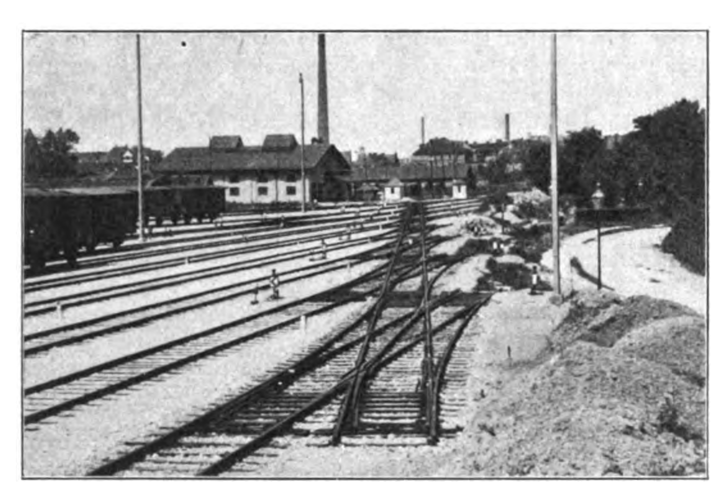


Abb. 1.
Steile Kreuzungsweiche im Lebensmittelbahnhof München.

Wenn ein einzelner einen weittragenden Plan hat, aber nicht die Mittel zur Durchführung, so bleibt ihm nichts anderes übrig, als zunächst eine Teillösung zu schaffen, die seinen Kräften eben erreichbar ist. Man mufs dann später die klar vorausgesehene Wirkung erleben, dafs an dieser Erstlingslösung allerhand ausgesetzt wird. Der Kritiker unterscheidet nicht zwischen dem, was innerlich ungekonnt, und dem, was aus äufserer Beschränkung unerreichbar war. Es ist das ja auch für ihn sehr schwer und erfordert eingehende persönliche Unterrichtung; trotzdem sollten wir uns mehr daran gewöhnen; in Kunst und Literatur ist solche Betrachtungsweise viel häufiger.

*) Verkehrstechn. Woche 1926, Heft 23 und 24.

**) Organ für die Fortschr. d. Eis.-Wes. 1926, Heft 12.

Ich will nachstehend den Entwicklungsgang der Steilweichen schildern und dabei den Schleier von manchen Zusammenhängen ziehen, die bisher verborgen waren, zum Teil absichtlich, um keine Verwirrung anzurichten. Dabei möchte ich zugleich einer tieferen und weiteren Auffassung der Weichenfrage den Weg ebnen.

Ich selbst kam auf das Problem im Jahre 1911 durch den zwangläufigen Ablauf, denn ich brauchte dazu eine steile Randweichenstrafse. Mir schofs der Gedanke auf, eine Art fortgesetzte Doppelweiche zu bilden, wie es ja auch geworden ist. Ich merkte sehr bald, dafs nur etwas dabei herauskam, wenn man die Gleise gekrümmt durch das Herzstück führte; sonst trennen sie sich nicht schnell genug. Die ersten derartigen Zeichnungen machte ich 1912 und 1913.

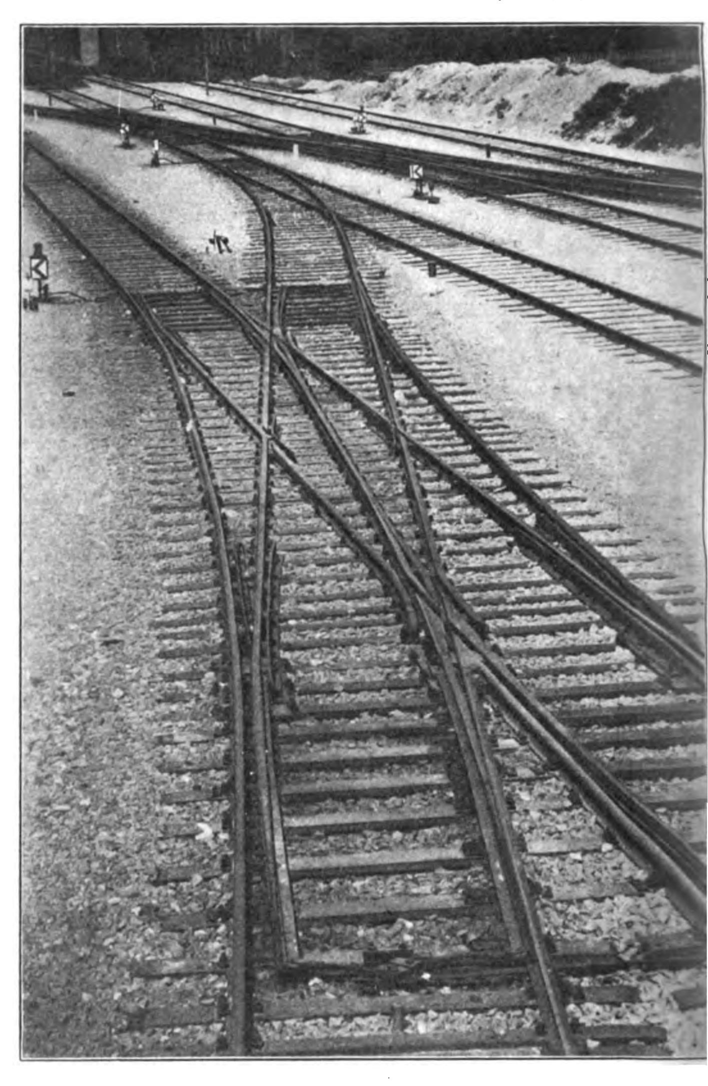


Abb. 2. Steile Kreuzungsweiche in Verbindung mit einfacher Steilweiche im Lebensmittelbahnhof München.

Durch den Krieg wurden die Arbeiten unterbrochen und konnten erst 1917 wieder aufgenommen werden. Es entwickelten sich die drei Grundformen der Weichenreihen: Die zweiseitig gerade, die einseitige gekrümmte und einseitige gerade. Es sind die 1917*) im »Organ« veröffentlichten Zeichnungen

*) „Verkürzte Weichenstrafsen". 21. Heft.

1918*) erschienen die ersten zusammenhängenden Gleispläne mit Steilweichen.

Dafs hierbei am Herzstück Schwierigkeiten auftreten, war mir wohl bewufst. Aber ich wufste aus Beispielen, vor allem der preufsischen einseitigen Doppelweiche 1 : 10, die mit einem langen 180er Bogen durch das Herzstück geht, dafs gekrümmte Herzstücke grundsätzlich möglich waren. Von Gefahren hatte ich nie etwas gehört. In der Tat treten ja auch, wie Vogel dann feststellte, Entgleisungen nicht auf, wohl aber Verletzungen des Herzstücks. Einstweilen störte mich das nicht. Ich sah mehr auf die dahinter liegenden Ziele. Später machte Vogel die nötigen Verbesserungen.

Von dem durchgehenden Bogen bei den Weichenreihen war es ein kleiner Sprung, gewissermafsen rückwärts, zur einfachen Weiche mit durchgehender Krümmung. Dafs auch damit praktisch viel zu machen war, lag auf der Hand. Die Frage schien mir aber so einfach, dafs sie keinen Reiz hatte. Ich habe sie immer nur kurz gestreift; hier lag der Schwerpunkt bei den Praktikern. Was dabei herauskommt, zeigt Niemanns Aufsatz, der sich vor allem mit dieser Seite der Steilweichen beschäftigt. Übrigens hat mancher von uns im Felde, und auch schon früher manche Verwaltung und mancher Bahnmeister, sich, so gut es ging, »Steilweichen« geformt; nur genehmigt waren sie nicht, namentlich nicht in Preufsen. Schwarz**) und Vogel***) haben später die Frage ausführlich behandelt, und die einfache Steilweiche ist dann auch viel schneller von der Fachwelt aufgenommen worden, als die anderen Formen, weil sie dem allgemeinen Bewufstsein, das vom Vorhandenen ausgeht, ungleich näher liegt. Die Anfänge liegen bei Vogel auch schon weiter zurück, ebenso vermutlich bei Schwarz. Sehr wesentliches baute und plante in dieser Hinsicht schon früh die württembergische Verwaltung, wovon aber leider wenig in die Öffentlichkeit gedrungen ist.

Was sich mir hingegen sofort als Aufgabe darstellte, war die Kreuzungsweiche. Wenn wir mit den steilen Weichen im grofsen etwas anfangen wollten, brauchten wir unbedingt die zugehörige Kreuzungsweiche. Vermutlich war das überhaupt der Grund, warum frühere Ansätze zu steilen Weichen niemals dauernde Form gewonnen hatten.

Schwarz hat sich diese Frage auch vorgelegt und kam zu der Form der Abb. 1, Taf. 4. Man legt in dem einen Strang beiderseits eine durchgehende Krümmung an das Kreuzungsviereck. Die Weiche ist einzeln für manche Fälle sehr nützlich, ja sogar unentbehrlich und ist auch in Vogels Weichenprogramm aufgenommen. Aber in durchgehenden Strafsen? Schwarz hat allen Ernstes vorgeschlagen, mehrere solche Weichen hintereinander zu legen, wobei eine Schlangenlinie herauskommt (Abb. 2, Taf. 4). Wer würde das wirklich ausführen? Und dabei ist die durchschnittliche Neigung der Weichenstrafse gar nicht einmal merklich gröfser als die der gewöhnlichen, weil immer wieder in die flache Neigung zurückgebogen wird. — Auf diese Lösung kam ich natürlich auch sofort, habe mich aber nicht dabei aufgehalten. Ich suchte nach der steilen Kreuzungsweiche.

Das Gerippe war sofort da, es war die zweischienige Weiche, wie sie später Vögele ausgebildet hat (siehe z. B. Niemanns Abb. Nr. 18). Aber sie entsprach den Anforderungen nicht, die ich stellte. Die Weiche hatte übergrofse, kaum anwendbare Anfallwinkel an den Zungen oder wurde so flach (1:7), dafs sie keinen Vorteil mehr bot.

Alles pafste: es war gerade noch möglich, in dem beschränkten Raum, der zur Verfügung stand, auch bei genügend steilen Neigungen (1:5,5 bis 1:6,5) den Bogen unterzubringen, wenn man von ihm die übliche Überschneidungslänge abschnitt und Zungenspitze an Zungenspitze legte; es war, als ob der — hier schlechthin entscheidende — Gleisabstand von 4,5 m gerade darauf bemessen sei, es noch eben möglich zu machen; nur in der Mitte, wo jetzt die eine Schiene liegt, wollten sich die Linien nicht fügen; die beiden Schienen waren nicht aneinander vorbei zu bringen.

Endlich kam ich auf die Lösung der einen Schiene; sie gab gerade so viel Raum, als nötig war, und war auch genügend einfach herstellbar. An den Enden, wo sie in zwei Schienen auseinanderläuft, gab es eine Überschneidung, aber was lag daran? Es war nichts anderes als an jeder Zunge, und ich gewann noch etwas Raum dadurch.

Freilich, die Lösung war sehr ungewöhnlich. Ich verhehlte mir nicht, dafs sie schweren Widerständen begegnen würde, hatte ich doch in mir selbst damit zu kämpfen. Es war ein Widerstreit zwischen Vernunft und überlieferter Form; zuletzt mufste jene siegen. Diese Auseinandersetzung mufs jeder einmal vollziehen, der sich mit der Frage ernstlich beschäftigt. Die Allgemeinheit, die dazu keine Zeit hat, wird sich einfach daran gewöhnen, wie sie sich bei den bestehenden Weichen an viel schlimmere Dinge gewöhnt hat, an das Herzstück, an die Zunge — einen sehr heiklen Bauteil — und an die Überschneidung, an diese so sehr, dafs die meisten gar nicht wissen, dafs an der Zungenspitze ein Knick ist.

Niemann, der so warm für die Steilweichen eintritt, läfst gegen die Kreuzungsweiche noch eine deutliche Zurückhaltung erkennen, und Marek findet, bei grundsätzlicher Anerkennung ihrer Vorzüge, mancherlei an ihr auszusetzen, vor allem die Knicke und die gemeinsame Mittelschiene, bei der er Stufenbildung bei einseitigem Fahren befürchtet. Er wendet sich daher lieber der zweischienigen Form zu, versieht sie mit flachen Zungenanfallwinkeln, wobei notwendig die Neigung sehr flach wird (1:7), und findet dann, dafs die Weiche der mit gleichen Elementen möglichen gewöhnlichen Weiche 1:8,5 gegenüber keine rechten Vorteile mehr bietet.

Ganz recht! Das ist ein Schlufs, den ich bei dem Entwurf der Kreuzungsweiche unzählige Male gezogen habe, um ebenso oft wieder umzukehren. Denn es ist ein verhängnisvoller »circulus vitiosus«. Weil man mit so flachen Winkeln nichts gewinnt, und weil die zwei Schienen notwendig dazu führen, deshalb mufs man die eine Schiene und bis zu einem gewissen Grade auch die Knicke nehmen, es sei denn, dafs sie wirklich solche Nachteile hätten, dafs sie die Weiche gefährlich oder doch gegenüber unserer jetzigen sehr unterlegen machten.

Dafs das nicht der Fall ist, möchte ich jetzt im einzelnen zeigen. Zunächst die eine Schiene. Zugegeben: Die Stufenbildung kann eintreten. Aber das würde doch zunächst nur beweisen, dafs man die Weiche nicht da verwenden sollte, wo auf dem einen Gleis sehr viel mehr gefahren wird, als auf dem anderen. Aber noch mehr: An jeder Zungenvorrichtung und jedem Herzstück tritt bei einseitigem Fahren die Stufenbildung auf. Also sind alle Weichen schlecht? Oder soll der Fehler der steilen Kreuzungsweiche darin liegen, dafs sie von solchen Stellen mehr enthält, etwa so viel wie zwei andere? Wir scheuen doch auch zwei hintereinanderliegende, gewöhnliche, einseitig befahrene Weichen nicht; in den Hauptgleisen liegen sie zu Hunderten. Man darf nicht vergessen, dafs bei Gleisentwicklungen die einfachen Weichen und einfachen Kreuzungsweichen bei weitem überwiegen. Wie wenig zahlreich sind vergleichsweise die doppelten Kreuzungsweichen? Und nur bei ihnen kann eine vermehrte Stufenbildung eintreten, und auch nur dann, wenn sie einseitig befahren werden. Überdies, macht es uns heute wohl Schwierigkeiten, für die Mittelschiene verschleifsfesteren Stahl zu nehmen? Dann ist doch alles beseitigt.

Ist denn das nicht eine Unterfrage, die höchstens auf den Preis — in der Anschaffung oder Unterhaltung — etwas aus-

*) „Die Anpassungsfähigkeit von Weichenreihen". Z. d. V. D. E. V. 1918, Nr. 32.

**) Z. d. B. 1920, Nr. 19.

***) Z. d. B. 1921, Nr. 71/72.

macht? Ich habe nie behauptet, dafs man eine steile Weiche nehmen solle, wo es mit einer flachen auch geht. Aber wo es nicht geht, und wo wir mit steilen Strafsen sonst unmögliche Fahrwege schaffen, den Betrieb flüssig machen, das Rangieren abkürzen, die Übersicht verbessern, einen Bahnhof auf einem gegebenen Raum überhaupt erst möglich machen können? — Die Steilweichen sind in erster Linie Sache des Bahnhofbildners, und erst in zweiter des Oberbaumannes. Von Betrieb und Bahnhofgestaltung aus müssen sie gewertet werden, und es würde an sich nicht das mindeste beweisen, wenn sie oberbautechnisch bis zu einem gewissen Grade schlechter wären, solange sie nicht gefährlich sind. Der Einwand der Stufenbildung ist also nicht falsch, aber er ist nicht ausschlaggebend.

Nun die Knicke. Mein Kritiker denkt frei genug, nur ihre Häufung zu beanstanden, nicht die Knicke an sich. (Sehr viele stofsen sich auch daran. Sie wissen nicht — oder bedenken nicht — dafs jeden Augenblick Tausende von Zügen über solche Knicke fahren, nämlich an den Zungenspitzen, wo es doch viel gefährlicher ist, als an dem festverschraubten Knick der Mittelschiene.) Grundsätzlich stimme ich natürlich zu. Man darf Knicke nicht beliebig häufen; sonst kommt schliefslich jeder beliebige Halbmesser heraus. Die Sache liegt nur so, dafs wir in unseren jetzigen Weichenverbindungen ungleich gefährlichere Häufungen zulassen, ohne es zu wissen, während die Knicke bei der steilen Kreuzungsweiche wohlweislich ausgeglichen sind.

Ein Beispiel. Unsere Bestimmungen erlauben, zwei Weichen gleicher Krümmung mit der Spitze aneinanderzulegen (Abb. 3, Taf. 4). Der Verlauf der Fahrkurve ist ein gotisches Spitzgewölbe, wenn auch mit etwas abgeflachter Spitze. Man braucht sich das nur einmal zu überlegen, um ein Gefühl dafür zu bekommen, was man einer grofsen Lokomotive an einer solchen Stelle zumutet. Diese Weichenverbindung ist — und von vielen anderen Stellen gilt das auch — für gewisse »unfühlige« Lokomotiven bei gewissen Geschwindigkeiten eine »absolut sichere Entgleisungsvorrichtung.« Merkwürdigerweise verlangen unsere Bestimmungen eine 6 m lange Zwischengerade, wenn die Weichenkrümmung wechselt (Abb. 4, Taf. 4). Dabei könnte man sie hier, soweit das Fahren in Betracht kommt, allenfalls sparen; das wäre sogar von Vorteil, falls man, wie es z. B. in Frankreich üblich ist, die Weichen kürzt und die Zungenspitzen so nahe wie möglich zusammenschiebt, weil dann für die S-Fahrt die Knicke fast verschwinden. Zwei steile Kreuzungsweichen stofsen so aneinander (Abb. 5, Taf. 4). Diese Überlegung erleidet eine gewisse Einschränkung durch die Rücksicht auf hinreichende Pufferüberdeckung, wie Vogel eingehend dargetan hat; dessenungeachtet könnte man noch Weichen 1 : 9, bei denen die Backenschienen vor der Zungenspitze auf halbe Laschenlänge gekürzt sind, ohne Gefahr direkt zusammenstofsen, und flachere Weichen auch ohne diese Hilfsmittel.

Unsere Bestimmungen geben also in diesem Punkte fast das Gegenteil von dem, was richtig ist. Bei gleichem Krümmungssinn braucht man die Zwischengerade, bei ungleichem nicht immer. So etwas kommt heraus, wenn man bei den Weichen die Überschneidung vergifst. Geheimrat Cauer, der Mitglied des über diese Frage beratenden Ausschusses war, hat mir einmal erzählt, wie es zuging, als diese Bestimmungen das letztemal festgesetzt wurden. Er wufste — wie es scheint als einziger —, dafs hier etwas nicht stimmte, konnte aber das Zustandekommen nicht verhindern. In den T. V. wird eine Zwischengerade bei gleichem Krümmungssinn empfohlen, was unbedingt notwendig ist; aber in den preufsischen Anweisungen für das Entwerfen von Eisenbahnstationen fehlt das.

Die Sache hängt eng damit zusammen, dafs wir über den Bogenlauf überhaupt nur gänzlich unklare Vorstellungen haben, was man im einzelnen niemanden übelnehmen kann, da das — von einigen wenigen schon seit langem erkannte — Richtige fast nirgends gelehrt wird*). Aber der Erfolg ist, dafs von unseren Bestimmungen über Bogenlauf, festen Radstand, Spurerweiterung usw. gut die Hälfte auf falschen Voraussetzungen beruhen.

Alle diese Dinge waren mir schon damals im wesentlichen bekannt; man darf also wohl glauben, dafs ich die steile Kreuzungsweiche nicht ohne ihre Berücksichtigung entwarf.

Marek versucht, um den Knicken beizukommen, einen Ersatzradius zu konstruieren. In der Tat ein naheliegender Weg, den ich auch oft versucht habe. Ich weifs heute, dafs man den Einflufs eines Knickes auf den Lauf des Fahrzeugs durch einen Ersatzradius überhaupt nicht ausreichend wiedergeben kann; aber das führt hier zu weit. Immerhin ist der Ersatzradius eine erste Annäherung, man mufs ihn nur richtig legen. Das hängt von der Beantwortung der Frage ab, wie weit der Einflufs des Knickes sich erstreckt. Dafs die Unstetigkeiten und Härten, die er für das Fahrzeug mit sich bringt, sich in einiger Entfernung verlieren, ist klar. Es nützt nichts, einen sehr starken Knick durch eine noch so lange darauf folgende Gerade ausgleichen zu wollen.

Passender Weise gleicht man wohl auf eine Länge aus, die etwa dem gröfsten festen Radstand = 4,5 m entspricht. Das tut im allgemeinen auch Marek. Damit kommen z. B. folgende Ersatzhalbmesser heraus.

	Halbmesser	Zungenwinkel	Ersatzhalbmesser
Einfache preufsische Weiche 1 : 9 6d .	190	40′	169
Einfache preufsische Weiche 1 : 8 8a .	180	60′	150
Einfache preufsische Weiche 1 : 7 6d .	140	90′	112

Man mufs bei jeder gewöhnlichen Weiche ein Stück des an die Zunge anschliefsenden geraden Gleises für den gedachten Ausrundungsbogen in Anspruch nehmen, wenn man zu einer halbwegs brauchbaren Vorstellung gelangen will. Es ist also nichts Ungewöhnliches, wenn das bei der steilen Kreuzungsweiche auch nötig wird. Der wirkliche Weichenbogen ist bei ihr beiderseits noch nicht zu Ende, sondern greift in die geraden Gleise über.

Bei den »gotischen Spitzgewölben« wird es natürlich sehr schlimm. Man erhält

bei 1 : 9 . . . . . **127** m
bei 1 : 8 . . . . . **93** »
bei 1 : 7 . . . . . **72** »

Man sieht, dafs die Ersatzradien von 163 und 134 m, die Marek für meine Weiche 1 : 3,5 ausrechnet, noch ziemlich harmlos sind. Die Knicke liegen eben so weit auseinander, dafs sie sich nicht mehr beeinflussen. Ungünstiger wird es schon bei der ursprünglichen Vögeleschen Weiche 1 : 6 wegen des grofsen Anfallwinkels.

Noch ein Beispiel. Wenn man zwei gewöhnliche Kreuzungsweichen nach Abb. 6, Taf. 4 zusammenlegt und beide in krummem Strang befährt, hat man auch vier Knicke; es ist — mindestens für den einzelnen Fall — genau dasselbe. Wer würde daran Anstofs nehmen? — Aber an solche naheliegenden Vergleiche wird nicht gedacht. Und selbst wenn solche Fälle mehr vorkommen: Die steile Kreuzungsweiche erzielt doch auch den so viel gröfseren Winkel, wenn auch nicht ganz den doppelten wie zwei einfache Kreuzungsweichen. Wir könnten bei sehr grofsem Gleisabstand aus gewöhnlichen Kreuzungsweichen steile Strafsen von doppeltem Winkel bilden; würde jemand einwenden, darin seien zu viel Knicke?

*) Siehe „Spurerweiterung oder nicht?" Z. d. V. D. E. V. 1926 Nr. 8, 9, 10, 12, 13.



Marek bemängelt den grofsen Zungenanfallwinkel von 72'. Aber solange wir solche Winkel überall an den Rangierweichen haben, wo nicht einmal ein nennenswerter geometrischer Gewinn dadurch entsteht, wird es nicht verboten sein, ihn auch bei der steilen Kreuzungsweiche zu verwenden, wo sehr viel dadurch gewonnen wird. Die preufsische Weiche 1 : 8 hat 60', die bayerische 67', andere haben ähnliche Werte.

Mit dem Anfallwinkel ist es überhaupt eine eigene Sache. Niemand hat eigentlich eine Vorstellung, wie weit er zulässig ist, und das ist auch schwer zu sagen. Die Überschneidung unterschlägt ein Stück des Bogens. Da offenbar die Querbeschleunigung des führenden Rades das Entscheidende ist (bei tangentialem Bogenansatz ist sie $\frac{v^2}{r}$, nämlich gleich der gewöhnlichen Zentripetalbeschleunigung), so mufs wohl das vom Querweg unterschlagene Stück a das Kriterium bilden (Abb. 7, Taf. 4). Es wächst mit dem Quadrat des Anfallwinkels; infolgedessen scheint mir, dafs man die Gefahr des Anfallwinkels nach seinem Quadrat einschätzen mufs. Dann sind aber Werte von 90', wie sie die Weiche 1 : 7 und die Vögelesche steile Kreuzungsweiche 1 : 6 enthalten, ungleich gefährlicher, als Werte von 60 bis 72', nämlich um 55 % bis 125 %.

Gute Weichenbauer haben deshalb immer gesucht, den Anfallwinkel klein zu machen, oder ihn durch Einlegen eines flachen Halbmessers in die Zunge auszugleichen, was auf dasselbe herauskommt. Bei fast allen Verwaltungen finden sich solche Formen; die von Marek angeführte sächsische Form mit 180 m Halbmesser und nur 47/2' Anfallwinkel ist ein gutes Beispiel. Nur kann man nicht, solange grofse Anfallwinkel nebenher ganz üblich sind, sie einer Konstruktion besonders anlasten.

Damit wären wohl Mareks Einwendungen im wesentlichen erschöpft. (Mit seinen Ausführungen über die Worte »verkürzt« und »verkürzend« gehe ich einig; ich hatte das Wort verkürzt gewählt, weil es sprachlich einfacher ist; aber es ist nicht ganz richtig.) Aber nun sei eine Frage gestattet: Marek spricht so viel über mögliche Nachteile der steilen Kreuzungsweichen, warum hat er nicht die seit Jahren liegenden besucht? Es wäre von seinen Befürchtungen wohl nicht viel übrig geblieben; denn die, die solche Weichen haben, sind sehr zufrieden damit.

Das ist auch nicht allzu verwunderlich. Nach obigem ist klar, dafs die Weiche 1 : 5,5, als Rangierweiche, vielen bestehenden Formen durchaus ebenbürtig ist und mit der schlechten Weiche 1 : 7 auch nicht entfernt verglichen werden kann. Dabei erweist sich ihre Massigkeit, die ich erst gefürchtet hatte, als ein grofser Vorzug; sie hält die Gleislage gut. In Bebra liegt eine Weiche vor dem Lokomotivschuppen, wo sie ständig von grofsen Lokomotiven befahren wird. Ich habe Versuche gemacht, ob man — namentlich bei Lokomotiven mit grofsem Überhang — die »Knicke« spürt; es merkt sie nur der, der davon weifs. Den Lokomotivbeamten waren sie noch nicht aufgefallen.

Niemann spricht von der »stolzen« Neigung 1 : 5,5. Es scheint kein Druckfehler zu sein; denn der Ausdruck kehrt mehrfach wieder. Nun, ich brauche von diesem Stolze nichts zurückzunehmen; die Weiche hat genau das geleistet, was sie sollte, ja eigentlich noch mehr.

Als ich die Lösung der einen Schiene hatte, war der Plan schnell gefafst. Nun galt es, sie durchzukonstruieren, namentlich das schwierige Herzstück. Ich hatte dazu weder die Zeit noch die Einzelkenntnisse. Stierl fand sich bereit. Er ist der erste gewesen, der eine steile Kreuzungsweiche im einzelnen entworfen hat; er tat es aus reiner Freude an der Wissenschaft in seinen Mufsestunden. Das war Ende 1917. Die Zeichnung ist in dem Aufsatz Z. d. V. D. E. V. 1918 Nr. 85/86 veröffentlicht.

Ich hatte später die Weichenmafse genauer berechnet und an Stierl drei geometrische Entwürfe geschickt; eine Weiche 1 : 5,5 und zwei 1 : 6. Stierl konnte aus Zeitmangel nur eine ausarbeiten und ging zuerst an die mit der Neigung 1 : 5,5. So ist das Mafs entstanden. Ich war froh, eine Weiche zu haben und konnte in absehbarer Zeit keine Vergleichsweiche zeichnen lassen. Dadurch ist es gekommen, dafs ich auf diese Weiche festgelegt worden bin, als ob ich weiter nichts erstrebt hätte. Aus den grundlegenden Aufsätzen »Kreuzungsweichen 1 : 5«*) und »Verkürzte Kreuzungsweichen«**) dürfte dies indes zur Genüge hervorgehen. Auch andere naheliegende Folgerungen, die sich aus dem gekrümmten Herzstück ergaben und heute in Vogels Normalplan aufgenommen sind — viele von ihm unabhängig gefunden — wurden bald veröffentlicht: »Bogenweichen mit veränderlicher Krümmung«***), »Zwangläufiger Ablaufbetrieb«†), »Die Anpassungsfähigkeit von Weichenreihen«††), »Halbseitig gekrümmte Kreuzungen 1 : 10 zur Verbindung mit Weichen 1 : 14«†††), »Über Grenzmafse einseitiger Doppelweichen«§).

Gegen die veröffentlichte Kreuzungsweiche machte Vögele Einwände und brachte die von Marek auch behandelte zweischienige Weiche 1 : 6 heraus. Sie war geometrisch unmöglich. Aber da sie mit ihren zwei Schienen den bestehenden Anschauungen viel mehr entgegenkam als meine, ihr übergrofser Anfallwinkel nicht immer gleich bemerkt wurde und sie auch gewisse zweifellose Verbesserungen brachte, z. B. die Verlaschung mit der nächsten Weiche, während bei mir die Backenschiene durch zwei Weichen durchging, bereitete sie doch ernste Störungen. Ich hielt die zwei Schienen nur für eine notgedrungene Umgehung des Patentes, überzeugte mich aber später, dafs der Konstrukteur sie tatsächlich selbst für besser hielt, was mir noch unbegreiflicher war. Die Weiche rührte namentlich eine, nach aufsen wegen ihrer Verzwicktheit nicht in Erscheinung getretene Frage auf, nämlich die der Spurerweiterung an der Übergangsstelle zwischen zwei steilen Kreuzungsweichen. Sie hat hier einen wertvollen Anstofs gegeben, obwohl ich mir bei meiner 1 : 5,5-Weiche auch schon Lösungen überlegt hatte, und ist deshalb aus der inneren Entwicklung nicht wegzudenken; aber dafs sie im Entscheidenden, der geometrischen Gesamtform, nicht stimmte, darüber konnte ich nicht im Zweifel sein.

Vögele wies vor allem darauf hin, dafs er schon früher eine ähnliche Weiche gebaut habe, nämlich in den achtziger Jahren auf dem Rangierbahnhof Mannheim. Sie lag aber nur einzeln, nicht in Reihe, und bei grofsem Gleisabstand also war die Raumfrage gar nicht vorhanden. Solche Weichen hat es, wie ich später erfuhr, auch in Österreich und den Niederlanden gegeben. Aber niemand hatte daran gedacht, die Weiche so zusammenzudrängen, dafs sie bei den normalen, kleinen Gleisabständen in Reihe liegen, d. h. eine steile Weichenstrafse ergeben könne. Darauf kam auch Vögele erst durch meine Arbeiten. Dafs die Firma später die Bedeutung der Frage rechtzeitig erkannte und sich durch Gründung der Gesellschaft für Oberbauforschung ein bleibendes Verdienst erwarb, sei schon hier hervorgehoben.

Die Ausführung der Kreuzungsweiche hatte die Dortmunder Union übernommen. Ich glaubte dort Hilfe für meine weiteren Pläne, vor allem die Ausarbeitung eines ganzen steilen Weichensystems zu finden, sah mich aber darin getäuscht. Die Firma

*) Verk. Woche 1917 Nr. 44/52.
**) Z. d. V. D. E. V. 1918 Nr. 85/86.
***) Z. d. V. D. E. V. 1917 Nr. 93.
†) Z. d. V. D. E. V. 1918 Nr. 20/21.
††) Z. d. V. D. E. V. 1918 Nr. 32.
†††) Organ f. d. Fortschr. d. Eis.-Wes. 1918, 9. Heft.
§) Z. d. V. D. E. V. 1919 Nr. 43.

arbeitete die Weiche 1 : 5,5 technisch sehr gut durch, wie ihre Bewährung beweist, und gab sich grofse Mühe, sie einzuführen; aber zur Ausarbeitung eines Gesamtplanes fehlte in den damaligen unruhigen Zeitläuften die Mufse. Ich konnte nicht einmal erreichen, dafs die Weiche 1 : 5,5 aufser in der Schienenform 6ᵈ auch in 8ᵃ konstruiert wurde, was am meisten verlangt war. Es entstanden dabei einige kleine Schwierigkeiten, für die ich Lösungen angegeben hatte; sie erschienen offenbar zu merkwürdig. Z. B. sollte die breite 8ᵃ - Schiene an der Mittelstelle etwas schmaler gehobelt werden. Als ob nicht jede Zunge eine sehr schmal gehobelte Schiene ist? und man fährt doch darauf. So war es möglich, dafs dem Zentralamt auf eine amtliche Anfrage geantwortet wurde, die Weiche liefse sich in 8ᵃ nicht herstellen. Dafs man, wenn man schon Bedenken hatte, sich die geringe Mühe machte, für 8ᵃ auf die Neigung 1 : 6 überzugehen, wobei alle Schwierigkeiten verschwanden, daran dachte man nicht. In dem Bewufstsein, der Fachwelt wenigstens etwas Greifbares bieten zu müssen, liefs ich 1921 die kleine Werbeschrift »Verkürzte doppelte Kreuzungsweiche« erscheinen, die nur von der Form 1 : 5,5 sprach. Die Einengung der Vorstellungen auf diese eine Weiche wurde natürlich dadurch erst recht gefördert.

Eine merkwürdige Schwierigkeit, von der auch Marek nicht ganz frei ist, bereitete immer der Endanschlufs der steilen Weichenstrafse im letzten Gleis, wo eine einfache Weiche zu liegen kommt. Aus jeder Kreuzungsweiche läfst sich aber doch durch Weglassen der nicht benötigten Stränge die zugehörige einfache Weiche gewinnen; die Aufgabe ist geometrisch überhaupt nur eine Frage des richtigen Wegradierens. Ob konstruktiv bei der engen Verbindung mit der folgenden Kreuzungsweiche Besonderheiten auftreten, ist zunächst unwesentlich. Der Schlufs ist so zwingend, dafs ich nie begriffen habe, wie man sich bei diesem Punkt länger als eine oder zwei Sekunden aufhalten kann, mufste aber erleben, dafs man immer wieder darüber stolperte. Glücklicherweise pafste zu der Kreuzungsweiche 1 : 5,5 die einfache preufsische Weiche 1 : 8; ich bezweifle, dafs es mir andernfalls gelungen wäre, die Konstruktion einer besonderen einfachen Weiche durchzusetzen.

Marek stellt fest, dafs bei der Verbindung der Kreuzungsweiche 1 : 5,5 mit der einfachen sächsischen Weiche 1 : 8,5 Schwierigkeiten auftreten. Was beweist das? Wer hat denn gesagt, dafs man so verbinden soll? Man könnte ja auch versuchen, sie mit einer Weiche 1 : 9 oder 1 : 10 zu verbinden, was noch viel weniger geht. Oder ist der Sinn des Einspruchs, dafs man dann eben noch eine besondere, sonst in Sachsen nicht vorkommende einfache Weiche brauche? Wenn man die steile Kreuzungsweiche als einen vereinzelten Fall betrachtet, trifft der Einwand wegen der notwendigen Ersatzteile usw. in gewissem Umfang zu. Aber da bin ich eben der Meinung, dafs steile Kreuzungsweichen so wichtig sind, dafs sie — samt allem Zubehör an einfachen Weichen usw. — sehr bald normal sein werden.

Ich kann nicht sagen, dafs ich von amtlicher Seite keine Unterstützung gefunden hätte. Die Bedeutung der Frage wurde an mafsgebender Stelle sofort erkannt, und das Zentralamt erhielt z. B. auf den Aufsatz: »Die Anpassungsfähigkeit von Weichenreihen« Auftrag, sie zu entwerfen, ohne dafs ich mich darum bemüht hatte. Aber das Zentralamt war mit laufender Arbeit so überlastet, dafs dazu wirklich keine Zeit war. Alle grundlegenden und schöpferischen Arbeiten sollen bei uns immer »nebenher« gemacht werden. Ich habe in den folgenden Jahren, aufserhalb der Verwaltung stehend und ohne Aussicht auf Gewinn — ein Patent auf die Weichenreihen war abgelehnt worden — mit einem zur Verfügung gestellten Beamten der Reichsbahndirektion Erfurt für das Zentralamt wenigstens die Berechnungen durchgeführt. Von den zuständigen Dezernenten des Zentralamtes hatte ich persönlich immer Unterstützung und Aufmunterung.

So schien die Sache im Sande verlaufen zu wollen, als mir Vogel im Jahre 1924 schrieb und ein Zusammengehen vorschlug. Vogel strebte ebenfalls den durchgehenden Bogen an, daneben aber auch zugleich die Verbesserung des Weicheneinlaufs durch Wegfall der Überschneidung. Das widersprach einigermafsen der Kreuzungsweiche, bei der diese — mindestens bei kleinem Gleisabstand — unentbehrlich ist. Freilich wollte auch Vogel ein System bilden und brauchte dazu notwendig die Kreuzungsweiche, während mir seine Untersuchungen über die gekrümmten Herzstücke eine wichtige Ergänzung waren. Die Gründe, die er gegen die Überschneidung anführte, schienen mir allein nicht recht durchschlagend, so sehr ich auch den Widersinn dieses unausgeglichenen Knickes empfand. Vogel bewies zwar, dafs im Einlauf (Abb. 8, Taf. 4) bei Zungen mit Überschneidung der Anlaufwinkel mehr steigt, als bei Zungen ohne Überschneidung, aber im Auslauf ist der Anlaufwinkel ja noch viel gröfser, weil das Fahrzeug schon in der Kurve und meist im Spiefsgang ankommt; (Abb. 9, Taf. 4) daher das Auftreten des bekannten «Sackes» in der Backenschiene. Dagegen hilft die überschneidungslose Zunge zwar auch etwas; der Winkel bleibt aber immer noch erheblich gröfser als im Einlauf. Warum bei der Ausfahrt aus der Weiche Entgleisungen nicht viel häufiger auftreten als bei der Einfahrt, ist mir noch heute eine nicht völlig gelöste Frage. Vielleicht schützt die Nachgiebigkeit der Backenschiene an dieser Stelle, während sie bei Einfahrt, mit der Zunge zusammenwirkend und durch die Grundplatte versteift, nicht nachgeben kann; vielleicht liegt die Ursache auch darin, dafs eine überschnelle Einfahrt in eine Weiche häufig, aus einer Weiche selten eintritt. Inzwischen habe ich freilich genug Gründe gefunden, um Vogels Bemühungen um Wegfall der Überschneidung gründlichst zu unterstützen. Sie im einzelnen zu nennen, würde hier zu weit führen. Kurz gesagt, handelt es sich darum, dafs eine mehrachsige Lokomotive nur dann mit geringem Seitendruck durch eine Kurve läuft, wenn man durch Verschiebbarkeit der Achsen dafür sorgt, dafs möglichst alle Räder anlaufen können (»kurvenfühlig«). Die scharfen Weichenknicke würden aber dazu Verschieblichkeiten erfordern, die praktisch bei Dampflokomotiven nicht gegeben werden können. Der Zusammenhang ist heute auch den Lokomotivbauern noch nicht geläufig. Wenn man ihn aber einmal erkannt hat, ist man nicht im Zweifel, dafs es geradezu ein Segen wäre, und den Lokomotivbauern ihre Arbeit in ungeahnter Weise erleichtern würde, wenn man so schnell als möglich alle Überschneidungen beseitigte.

Hier mufs ich übrigens ein Versehen Niemanns berichtigen. Vogel hat nicht die Absicht, die Zunge ganz spitz auslaufen zu lassen, was nicht haltbar ist, sondern nur dadurch, dafs ihr letztes Stück gerade ist, die Überschneidung wegzubringen. Praktisch wirkt sich das so aus, dafs die Querbeschleunigung des führenden Rades erheblich herabgesetzt wird, wie er mehrfach dargetan hat (Abb. 10, Taf. 4).

Im Austausch der Meinungen zwischen Vogel und mir mufste jeder etwas aufgeben. Ich bekannte mich zu dem Fortschritt, der in der überschneidungslosen Zunge lag, Vogel fand sich bereit, die Überschneidung bei Kreuzungsweichen bestehen zu lassen, suchte jedoch gleichzeitig nach Lösungen, diese Fälle auf ein Minimum zu beschränken, vor allem dadurch, dafs die Kreuzungsweiche wenigstens in den durchgehenden Gleisen lange Zungen bekam, und, wo man gröfsere Gleisabstände hat, auch in der Weichenstrafse. Die Ergebnisse dieser Zusammenarbeit sind bekannt; es ist das allgemeine Weichensystem, welches gewöhnliche und steile Weichen mit möglichst gleichen Einzelteilen enthält und auf der Verkehrsausstellung 1925 in München zum erstenmal ausgestellt war*).

*) Verk. Woche 1925 Nr. 26 bis 29.

Ich möchte nicht verschweigen, dafs fast alle Einzelarbeit von Vogel geleistet worden ist.

Zur planmäfsigen Verfolgung der Arbeit gründete Vögele die Gesellschaft für Oberbauforschung, in der die Steilweichen in ihrer vollständigen Form entstanden und wo alle auf diesem Gebiete tätigen Kräfte von vornherein zusammengefafst und ausgeglichen waren.

Es scheint, dafs Marek die Veröffentlichungen Vogels unbekannt geblieben sind; er würde andernfalls manche Bedenken wohl gar nicht geäufsert haben.

Die Kreuzungsweiche wurde noch oft umgeschaffen. Zunächst gingen wir mit der Neigung schrittweise herab. Wir wollten jetzt nicht nur Rangierweichen, sondern auch Zugweichen. Dafs ich ursprünglich mehr auf jene gezielt hatte, lag auch daran, dafs ich glaubte, man würde die mir verwickelt erscheinende Weiche für Züge doch nicht verwenden. Die Erfahrung zeigte, dafs keine Bedenken bestanden. Für Züge mufste vor allem der Anfallwinkel gesenkt werden. Was die »Knicke« angeht, so entdeckte Vogel, dafs sie zwar nicht an sich nachteilig seien, aber doch in Verbindung mit dem benachbarten Herzstück Zwängungen ergeben könnten. Aus *diesem* Grunde suchte er sie zu mildern. Sehr schwierig war, wie schon erwähnt, die Frage der Spurerweiterung am Übergang zweier Weichen; an einer Überschneidungszunge ist ja eine »scheinbare Spurerweiterung« unentbehrlich. Diese Frage war bei der Weiche 1:5,5 nur schwer befriedigend zu lösen. Die wirklichen Schwierigkeiten liegen also, wie man sieht, ganz wesentlich hinter denen, die Marek betrachtet. Ich könnte leicht noch ein Dutzend schwieriger Punkte anführen, die bei der Entstehung der steilen Kreuzungsweiche in wochen- und monatelanger Arbeit überlegt worden sind. Teils erwiesen sich die Befürchtungen als grundlos, teils fand man Abhilfe. Wer sich in diesen Dingen ein wirkliches Urteil bilden will, mufs sich wohl oder übel lange Zeit damit befassen, und zwar in enger Verbindung mit den Konstrukteuren.

Dafs die Verschubweiche erst 1:5,5, jetzt 1:6, die Zugweiche erst 1:6,25, dann 1:6,5 wurde, stört auch manche Kritiker. »Da stimmt doch etwas nicht, sonst würde man nicht so oft ändern». Die einen sind eben Rangierweichen, die anderen Zugweichen. Ich wundere mich nur, dafs diese Leute sich trauen, über eine Weiche 1:9 zu fahren, wo es doch auch Weichen 1:8 und 1:7 gibt.

Die beste Neigung der sowohl als Zugweichen wie für Rangierbetrieb geeigneten Kreuzungsweichen (Reichsbahn) ist 1:6,5. Für Nebenanlagen (Anschlufsgleise) ist ferner die Neigung 1:6 sehr geeignet. Vogel beabsichtigt, ihre Bauart demnächst in einer Abhandlung zu begründen und dabei Anleitungen für das Entwerfen von Gleisplänen mit Strafsen 1:6,5 und 1:6 bekanntzugeben.

Die einfachen Steilweichen sind heute geläufig geworden, die Kreuzungsweiche fängt an, sich durchzusetzen, die Weichenreibe — für mich der Ausgangspunkt — geht den meisten noch nicht recht ein. Und doch gibt sie nicht nur eine treffliche Anleitung, um zu guten Bahnhofformen zu gelangen*), sondern kann im einzelnen auch tatsächlich vorzügliche Dienste leisten; man betrachte Abb. 11, Taf. 4, die einen Entwurf zur Vermehrung der Ladesteige an der Münchner Eilguthalle darstellt. Hier spielen schon die 5 m Länge, die man je Gleis gegenüber einfachen Steilweichen gewinnt, eine Rolle; zudem gewinnt man nur so die richtige »Form«.

Es ist wohl nicht unbescheiden, wenn ich hier der Hoffnung Ausdruck gebe, dafs die nächsten Schritte in der Steilweichenfrage schneller fördern möchten, als die mühseligen der Vergangenheit.

*) „Verkürzte Weichenstrafsen“, Sonderheft V. D. Ing. Seddiner Tagung Seite 229 und „Die Verwendung von Steilweichen in Gleisplänen“, Z. d. V. D. E. V. 1925 Nr. 38.

Die Seilschwebebahn auf die Zugspitze.

Von Ing. **Robert Findeis**, o. ö. Professor der Technischen Hochschule zu Wien.

Noch selten hat ein neuartiges Verkehrsmittel in der breiteren Allgemeinheit eine derartige Beachtung gefunden, wie die im Juli 1926 eröffnete Zugspitzbahn. Wenn diese Seilbahn als neuartiges Verkehrsmittel angesprochen wird, so ist dies damit begründet, dafs die früheren Bahnen ähnlicher Bauart — genannt seien die Kohlernbahn bei Bozen, die Lana — Vigiljochbahn bei Meran und der Wetterhornaufzug in der Schweiz — eine den heutigen Fortschritten der Seilbahntechnik nicht mehr entsprechende Anordnung besitzen, so dafs z. B. bei der zweitgenannten Bahn auch bereits ein Umbau erwogen wird. Weiter stellt die Zugspitzbahn sowohl in der Kühnheit ihrer Anlage wie auch in der Örtlichkeit ihres Endpunktes (2805 m ü. d. M.) ein Beförderungsmittel dar, mit dem die älteren Seilschwebebahnen wohl kaum verglichen werden können.

Wie es seinerzeit bei der Eisenbahn, später beim Kraftwagen war und heute noch beim Luftschiff ist, bringt die Bevölkerung jedem neuen Verkehrsmittel ein gewisses Mifstrauen entgegen, besonders aber, wenn dies, wie es bei Luftschiff und Seilschwebebahn der Fall ist, den stützenden Erdboden verläfst. Die Seilschwebebahn nun dürfte aber gerade das Vertrauen der Fahrgäste sehr bald gewonnen haben, wie die Besuchsziffern der neu ausgeführten Anlagen beweisen. Der vergangene Sommer bescherte uns eine Witterung, die wohl zu allem eher als zu Vergnügungsreisen geeignet war; erst der Herbst brachte darin Besserung; dennoch hat die Zugspitzbahn in den ersten vier Monaten ihres Bestandes bereits bei 40000 Fahrgäste aufzuweisen und die einige Wochen früher eröffnete Seilschwebebahn auf die Raxalpe bei Wien konnte schon im September 1926 ihren 100000 Besucher verzeichnen. Diese kaum erwarteten Betriebsergebnisse beweisen, dafs das neue Verkehrsmittel der Bergbahn bereits allgemeine Beliebtheit erlangt hat.

Dafs die Schwebebahn technisch als vorbildliche Bauart der Bergbahn zu bezeichnen ist, liegt an der verhältnismäfsigen Einfachheit ihrer Durchbildung und in ihrem Vermögen, auch gröfste Steigungen ohne besondere Schwierigkeiten zu überwinden. Die letzte Eigenart verschafft die Möglichkeit, die kürzeste Linie, die in der Regel die steilste sein wird, zu wählen, und da mit der Bahnlänge die Baukosten in innigstem Zusammenhang stehen, solcherart auch den billigsten Beförderungsweg zu schaffen. Gerade diesem Umstande verdankt die neue Zugspitzbahn ihre Entstehung. Die Zugspitze, die mit ihrem 2964 m hohen Gipfel die höchste Erhebung Deutschlands bildet, stellt zugleich den höchsten Gipfel des Wettersteingebirges dar, das sich längs der tirolisch-bayerischen Grenze hinzieht, mit seinen Hängen beiden Ländern angehörend. Während frühere Zugspitzbahnpläne — und solche tauchten bereits in den neunziger Jahren des verflossenen Jahrhunderts auf — dem damaligen Stande der Bergbahntechnik gemäfs die Zahnstangenbauart vorsahen und deswegen die flachere nach bayerischem Gebiet hin abfallende Gebirgsseite mit Garmisch-Partenkirchen als Talstation wählten, gestattete es die genannte Eigenschaft der Seilschwebebahn, den jäh abfallenden, auf österreichischem Boden liegenden westlichen Steilhang des Wettersteinmassivs als Baugrund zu benützen. Auf diese Weise stellt sich die Bahn als schnurgerade, in ihrer schiefen Länge 3380 m lange Linie dar (siehe Abb. 1), die bei einer wagrechten Entfernung ihrer Endpunkte von nur 2975 m einen Höhenunterschied von 1581 m überwindet, wobei Steigungen bis 90 v. H. (vor Stütze II) vorkommen.

Es war allerdings keine leichte Aufgabe, in dem selbst dem Berggewohnten nur schwer gangbaren Gelände jene Linie zu finden, die nicht blofs den technisch günstigsten Längenschnitt ergab, sondern auch vollkommene Sicherheit gegen Steinschlag und Lawinengefahr gewährte. Diese Aufgabe stellte sowohl an die Kenntnisse des Ingenieurs wie auch an die Gewandtheit des Alpinisten gewaltige Anforderungen; sie wurde von dem Innsbrucker Bauunternehmer Ferdinand Kleiner in bester Weise durchgeführt. Im März 1925 erhielt ein vorbereitender Ausschufs, bestehend aus Kleiner, weiter dem derzeitigen Präsidenten der Zugspitzbahn A. G., Rechtsanwalt Dr. Hermann Stern in Reutte und dem Verfasser die Genehmigung zum Bau und Betrieb einer Seilschwebebahn von einem geeigneten Punkte bei Ehrwald in Tirol auf den Wettersteinkamm (die Bergstation liegt in wettergeschützter Lage etwas unterhalb des Zugspitzgipfels). Vorher waren unter Leitung des Verfassers an der Technischen Hochschule in Wien eingehende Untersuchungen über rechnerische Grundlagen von Seilbahnen vorgenommen worden*).

Da die Erfahrungen über den Bau von Seilschwebebahnen für Personenverkehr damals noch recht gering waren und vor

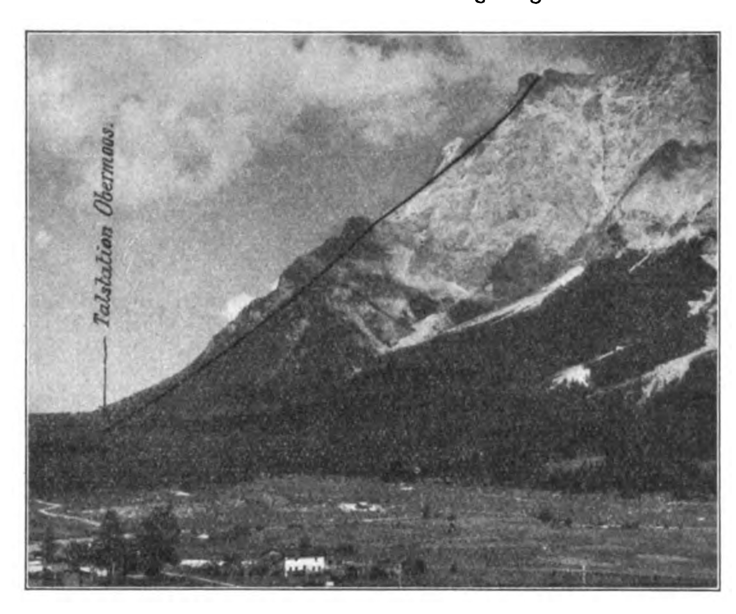


Abb. 1. Zugspitze mit eingezeichneter Seilbahnstrafse; von Ehrwald aus gesehen.

allem auch die Zugspitzbahn mit ihren unwirtlichen Hochgebirgseigenheiten gleichsam ein Erstlingswerk dieser Art darstellte, mufste auf die Wahl der Unternehmerfirma, der die schwierige Ausführung der Lieferung und Aufstellung zu übertragen war, besonderes Augenmerk gerichtet werden. Die Firma A. Bleichert in Leipzig, deren Förderanlagen in allen Weltteilen verbreitet sind, wurde mit den Herstellungsarbeiten beauftragt und führte sie in der Folge mustergültig durch.

Die Zugspitzbahn führt von der Talstation Obermoos, die von der Station Ehrwald der Mittenwaldbahn (Linie Innsbruck—Garmisch-Partenkirchen—Reutte) kaum 3 km entfernt ist, in 16 Minuten bis zur Bergstation, wobei eine Geschwindigkeit von 3,5 m/Sek. entwickelt wird. Rechnet man die Aufenthalte beim Ein- und Aussteigen u. dgl. hinzu, so kann eine Reisezeit von 20 Minuten angenommen werden. Die Bahn kann somit drei Fahrten in der Stunde leisten. Wie derzeit noch bei allen Seilschwebebahnen für Personenverkehr ist auch hier der sogenannte Pendelbetrieb angewendet, d. h. der zu Berg fahrende Wagen ist durch das Zugseil über die Umlenkscheibe der Bergstation hinweg mit dem zu Tal fahrenden fest verbunden, so dafs stets die Auffahrt des einen die Abwärtsfahrt des anderen bedingt, wobei das Gewicht des sinkenden Fahrzeuges einen entsprechenden Beitrag zur Antriebskraft beistellt.

Die beiden Wagen, je 19 Fahrgäste und einen Begleitmann fassend, sind vorwiegend aus Leichtmetall hergestellt, wodurch das Leergewicht eines Wagens bis auf 880 kg herabgedrückt werden konnte, während er vollbesetzt 2860 kg wiegt. Aufser vier in den Ecken angebrachten Klappstühlen fehlen die Sitzgelegenheiten, da man bei allen Aussichtsbahnen die Erfahrung machte, dafs die Reisenden, um die Rundsicht nach allen Seiten zu geniefsen, die vorhandenen Bänke ohnehin kaum benützen. Bei der Zugspitzbahn kommt noch hinzu, dafs die kurze Fahrdauer, wenn auch stehend verbracht, sicherlich nicht ermüden kann. Da das Fehlen der Sitzgelegenheiten bis jetzt von keiner Seite bemängelt wurde und diese Einrichtung ein verhältnismäfsig geringes Raummafs des Wagens bei ziemlicher Fassungsmöglichkeit gestattet, so dürfte sich diese Wagenausgestaltung für alle künftigen Personenschwebebahnen empfehlen.

Der Wagenkasten hängt an einem achträdrigen Laufwerk, das auf dem die Fahrbahn bildenden Tragseil rollt. Dieses, ein Litzenspiralseil mit 48 mm Durchmesser, aus 133 Drähten von 3,2 mm Stärke geflochten, besitzt eine Festigkeit von 165 kg/qmm, somit eine Gesamtbruchlast von 176000 kg und wiegt 9,31 kg/m. Das Seil wird in seiner Höhenlage durch nur sechs Zwischenstützen gehalten, die mitunter in beträchtlicher Entfernung voneinander stehen. So beträgt z. B. die Spannweite zwischen Stütze I und II 1006 m. Die Stützen selbst sind als Eisenfachwerk ausgeführt und erreichen Höhen bis über 30 m. Die nötige Spannung im Tragseil wird dadurch erreicht, dafs in der Talstation an beiden Tragseilen ein Spanngewicht von 24000 kg Gewicht aufgehängt ist.

Die Bewegung der Wagen wird durch das Zugseil vermittelt, das in der Bergstation über eine Umlenkscheibe von 3 m Durchmesser läuft. Ebenfalls als Zugseil ist hier auch die sonst Gegenseil genannte Verbindung der beiden Wagen über die Talstation hin zu bezeichnen (siehe Abb. 2). Bei der Zugspitzbahn ist nämlich ausnahmsweise die Antriebsvorrichtung am unteren Bahnende angelegt. Diese Anordnung wurde getroffen, weil die etwaige Auswechslung beschädigter Maschinenteile in der leicht zugänglichen Talstation viel eher möglich ist. Ferner hätte ja die Unterbringung der ständig erforderlichen Maschinenbedienungsmannschaft in der klimatisch ungünstigen Höhenlage der Bergstation mancherlei Nachteile sowohl für die Leute selbst, als auch für die Unternehmung gezeitigt. So wirkt eigentlich der Antrieb auf das, die Treibscheibe in der Talstation umschlingende Gegenseil. Als Antriebskraft wirkt elektrischer Strom, der dem Planseekraftwerke der Gemeinde Reutte entnommen wird. Im Falle eines Gebrechens in der Stromzuleitung dient dem Motor eine Speicherbatterie als Kraftquelle. Sollte die Störung jedoch bis zu deren Erschöpfung andauern, so ist eine jederzeit dienstbereite Verbrennungsmaschine in der Lage, den Betrieb aufrecht zu erhalten. Dem Hauptmotor von 65 PS Dauerleistung ist übrigens zur Aushilfe noch ein kleinerer Motor mit 23 PS beigesellt, der im Bedarfsfalle ebenfalls zur Wagenbewegung, allerdings mit geringerer Fahrgeschwindigkeit, herangezogen werden kann.

Besondere Sorgfalt wurde den Sicherheitsvorkehrungen zugewendet. Es sind nicht nur die beiden Stationen untereinander in Fernsprechverbindung, sondern auch die beiden Wagen mit den Stationen. Alle diese Stellen können also jederzeit untereinander in Fühlungnahme treten. Nicht nur der Maschinenwärter der Talstation, dem ein Teufenzeiger den jeweiligen Standort der Wagen ständig vor Augen hält, sondern auch jeder der beiden Wagenbegleiter ist in der Lage, die Bahn im Bedarfsfalle zum Stillstand zu bringen. Um ein ruhiges

*) Findeis: Rechnerische Grundlagen des Baues von Drahtseilbahnen, 1223, Verlag F. Deuticke, Leipzig und Wien.

Einfahren in die Stationen zu gewährleisten, verlangsamt sich vor der Einfahrt in die Wagenhalle, unabhängig von der Aufmerksamkeit des Maschinisten, der Wagenlauf. Für den übrigens ganz unwahrscheinlichen, noch bei keiner Personenseilbahn eingetretenen Fall eines Zugseilrisses ist eine selbsttätige Fangbremse vorgesehen, die das Tragseil umklammernd den Wagen an diesem festhält. Eine Fortbewegung des Wagens ist dann mit dem sogenannten Hilfsseile möglich.

Da bei stärkerem Andrang ein längeres Warten der Reisenden vorauszusehen war, wurde auf die Ausstattung der Bahnhofsgebäude insoferne Bedacht genommen, als sie weit mehr Räume erhielten, als zur blofsen Betriebsführung notwendig war. Die Talstation wurde besonders reich bedacht. Die vollständige Ausgestaltung der Bergstation konnte leider bis zur Betriebseröffnung nicht mehr ganz durchgeführt werden. Das darf aber wohl bei einem Hochbau in 2805 m Seehöhe, wohin jeder Baustoff vom Tale zugeschafft werden mufs und wo eine erspriefsliche Bautätigkeit stark von der Wetterlage abhängt, gewifs nicht Wunder nehmen. Der Ausbau wurde jedoch in den ersten Betriebsmonaten fortgesetzt und vollendet.



Abb. 2. Ausfahrt aus der Talstation.

Wie vorauszusehen war, ergaben sich beim Bau mancherlei Schwierigkeiten, deren Bewältigung an die Ausführenden die höchsten Anforderungen stellte. So mufste zunächst längs der künftigen Linie eine Hilfsseilbahn zur Herbeischaffung der nötigen Baustoffe und Bedarfsgegenstände errichtet werden (siehe Abb. 3). Da solche Hilfsseilbahnen wegen ihrer nur vorübergehenden Verwendung stets von leichter Bauart sind, mufste jeder zu verfahrende Baugegenstand so bemessen oder zerlegt werden, dafs Gewichte erzielt wurden, die zur Beförderung noch geeignet waren. Das war besonders bei den Eisenfachwerken der Stützen und den Maschinenteilen der Bergstation zu beachten. Auch die Heranbringung der beiden Tragseile war keine leichte Angelegenheit. Da beide in einem Stück hergestellt werden mufsten, so wog das auf einer Trommel aufgewickelte Seil beinahe 40 000 kg und wurde vom Herstellungsorte St. Egyd in Niederösterreich bis Ehrwald in Tirol auf einem Spezialwagen der österreichischen Bundesbahnen von 40 Tonnen Tragkraft herangeführt. Nun war die schwere Seilhaspel von dort auf der Zufahrtstrafse zur Talstation zu bringen. Sie wurden dazu auf einem Balkenrost aus starken Lärchenhölzern gelagert, die auf Walzen ruhten und auf Holzbohlen rollten, die gleich Langschwellen auf die Strafsenfahrbahn gelegt wurden. Die Zugkraft lieferten im Vereine ein starker Lastkraftwagen und eine Dampfwalze, die abwechselnd an einem Flaschenzuge arbeiteten, so dafs die schwere Last schrittweise fortbewegt wurde. In der Talstation angelangt, wurde die Trommel wagrecht auf eine Drehachse gelagert. Das Seil wurde dann mit Winden abgewickelt, die auf dem Berghang in gröfserer Zahl aufgestellt waren und es bergwärts zogen. Das Auslegen des Seiles sowie sein Aufbringen auf die Stützen ging übrigens, ungeachtet der Schwierigkeiten der Arbeit, vollkommen glatt und klaglos von statten. Im übrigen waren für den Baufortschritt je nach der Jahreszeit die Witterungsverhältnisse von einschneidender Bedeutung. Über dem Bauplatz der Bergstation, eine Stelle auf dem sogenannten »Wetterschroffen«, die vorher wohl nur von wenigen, überaus geübten Bergsteigern betreten werden honnte, wurde 1925 ein Holzschuppen errichtet und mit Koksöfen geheizt, um die Arbeiten im Spätherbst fortsetzen zu können. Und dennoch kam man auch hier wegen Schneesturm und Tieftemperatur über so manche Baubehinderung nicht hinweg. Eine Zugspitzbereisung wird übrigens jeden Techniker die Schwierigkeiten erkennen lassen, die sich dem Bau entgegenstellten.

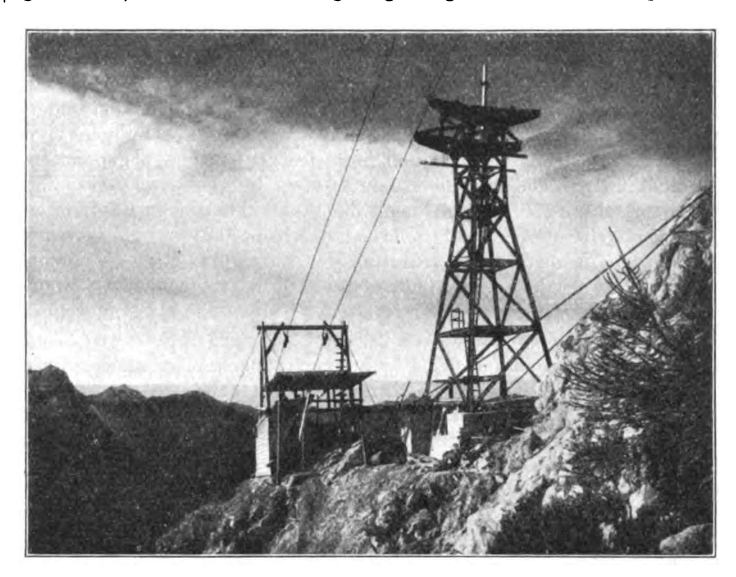


Abb. 3. Stütze III im Bau. Hilfsbahnbock 9.

Berichte.

Bahnunterbau, Brücken und Tunnel; Bahnoberbau.

Schutzarbeiten gegen Wasser und Frost am Bahnkörper der schwedischen Bahn Forsmo—Hoting.

Hierzu Tafel 5.

Der Jahresbericht der schwedischen Staatsbahnen über die Eisenbahnbauten des Jahres 1925 enthält über die Schutzarbeiten gegen Wasser und Frost, die am Bahnkörper der Querbahn Forsmo—Hoting zwischen der Inlandbahn und der nördlichen Stammbahn nötig waren, bemerkenswerte und eingehende Angaben. Diese können teilweise für die Beurteilung der Frage der Isolierschichten am Eisenbahnoberbau, die auch im Organ in letzter Zeit verschiedentlich



angeschnitten wurde (vergl. 1925, Heft 20), nützliche Fingerzeige geben, teilweise beschreiben sie bemerkenswerte Verfahren der Herstellung von Bahnböschungen, die vereinzelt auch auf unsere Verhältnisse übertragbar sein mögen. Es soll aus dem Bericht ein kurzer Auszug des Wichtigsten hier wiedergegeben werden.

In der ersten Teilstrecke bestand der Boden hauptsächlich aus sehr lehmhaltigem, dichtem Tonsand. Die wasserführenden Schichten lagen ziemlich nahe der Oberfläche und bildeten vielfach Quellen. Das austretende Wasser breitete sich über die Einschnittsböschungen aus und löste den umgebenden lehmhaltigen Tonsand in grofsem Umfange. Man hat da viel mit Sickerdohlen gearbeitet. Auffällig und bei uns ungewohnt erscheint es, dafs man zur Verhütung des nachträglichen Eindringens des Lehmes und Tones und der Verschlammung der Dohle diese auf allen Seiten mit Torf- oder Moorschichten umgibt, wie überhaupt diesen Stoffen dort eine ausgedehnte Verwendung zukommt, die uns bisher ziemlich fernliegt. Da zur Bewerfung der Böschungen der nötige Mutterboden mangelte, hat man vielfach mit Vorteil Moorverkleidung angewendet. Durch die Kapillarität des Moorbodens wird die Feuchtigkeit der wasserführenden Schichten aufgesaugt und abgeleitet, so dafs sie sich nicht ausbreitet und den umgebenden Lehm nicht auflöst. Auch bei langandauerndem Regen verhindert der Moorboden, dafs schädliche Mengen Wasser zur Tonsandfläche dringen. Im Frühjahr, wo der Tonsand immer grofse Mengen gefrorenen Wassers enthält, verhindert der Moorboden durch sein Isolierungsvermögen ein zu schnelles Schmelzen und im Herbst schiebt er das Gefrieren des Tonsandes hinaus. Nachteile des Moorbodens sind seine grofse Neigung, nach langer Trockenheit Feuer zu fangen, und dafs er keinen für Wachstum geeigneten Boden bildet. Vor dem Auflegen des Moorbodens wurden die Böschungen zum Festhalten der Moorverkleidung mit festgepfähltem sogenanntem Profilholz belegt, das ist teilweise entästetem Jungholz von 2 bis 5 Zoll Durchmesser, in 45° Winkel gegen die Wagrechte und in Rauten von etwa 3 m Seitenlänge. Der Moorboden wurde 0,25 bis 0,5 m stark aufgetragen, je nach Wasserführung der Böschung. Um die Feuergefahr in der trockenen Sommerzeit zu vermindern, ist auf die Moorschichte dann noch eine 3 bis 5 cm starke Humusschichte aufgebracht worden, die mit Gras besamt wurde.

Da die Bekleidung der Böschungen sonach sehr stark wurde und eine Verbreiterung der Einschnitte ausgeschlossen war, mufste man der Moorbodenverkleidung einen entsprechenden Vorfufs geben. Man verwendete zu diesem Zwecke Torfwälle nach Abb. 1, Taf. 5 überall da, wo die Bodenart so beschaffen war, dafs man annehmen konnte, die Torfmauer werde nur die Stütze für die Moorschichte bilden und keinem nennenswerten Erddruck ausgesetzt sein. Wo auch mit Erddruck zu rechnen war, wendete man dafür Trockenmauern an. Wichtig war hierbei, dafs diese Torfwälle und Stützmauern nach rückwärts mit grobem Kiessand oder Steinen gut entwässert wurden und dafs diese Entwässerungen bei Torfwällen alle 10 bis 20 m Ausstiche zur Ablassung des Wassers erhielten. Auch die Torfwälle mufsten gut mit Pflöcken gefestigt werden. Dadurch erhielten sie den erforderlichen Zusammenhalt, bis die im Torf enthaltenen Graswurzeln diese Aufgabe übernahmen. Als Stoff für solche Torfwälle zeigte sich Waldtorf oder sogenannter Bärenmoostorf am zweckmäfsigsten. In ganz bedenklichen, wasserkranken Bodenverhältnissen wurden ganze Längsgräben nach Abb. 2, Taf. 5 unter Zuhilfenahme von Torf und Moorboden hergestellt.

Aufser in lehmhaltigem Ton kamen auch Einschnitte in trockenem, geschichtetem Bänderton und solche in feinem Sand vor. Der Ton machte weniger Schwierigkeiten, aber die Böschungen in Flugsand mufsten alle verkleidet werden, besonders wo es sich um Flugsand handelte. Da es an Mutterboden fehlte, suchte man die Flugsandböschungen unmittelbar durch Besäen mit Strandhafer und mit Epilobium (Weidenröschen) zu schützen. Der Strandhafer kam anfangs gut, verbrannte aber in der Sommerhitze und versagte sonach. Auch Epilobium wirkte nicht entsprechend. Man sammelte daher allen erreichbaren Torfkompost von Ortschaften und Baracken und belegte damit dünn die Sandböschungen. Grassamen wuchs dann gut an. Steinverkleidungen bekamen nach Abb. 3, Taf. 5 ein etwa 5 cm starkes Moorschichtenlager, das das eindringende Wasser filtrieren und den aufgeweichten Untergrund vom Aufsteigen in die Steinpackung abhalten soll.

In wassergetränktem Feinsand müssen Drainagen gut mit Moor umbettet werden, um Verschlammung zu verhüten.

Die Eigenschaften der anstehenden Erdarten bewirken, dafs die Bahn in strengen Wintern auf grofse Strecken aufgefriert. Von 121 km frieren 90 auf. Unter ungünstigen Verhältnissen haben die Auffrierungen in gewissen Strecken eine Höhe von 35 cm erreicht. Gewöhnlich gehen sie aber nur auf durchschnittlich 15 bis 20 cm. Durch Vorkommen von wasserführenden Schichten und Wasseradern und infolge wechselnder Dichte der Erdarten und des Auftretens von erdfesten Steinen erfolgt das Auffrieren recht ungleich und die Lage des Gleises wird holperig und schief. Schon eine Frostbeule, die winkelrecht zum Gleis verläuft und beide Stränge zugleich hebt, kann für schnellfahrende Züge recht unangenehm werden. Wenn aber ein Frosthügel schief zum Gleis verläuft oder nur auf den einen Schienenstrang sich erstreckt, so ist die Störung der Fahrt und die Beanspruchung von Gleis und Fahrzeug besonders grofs. Dabei entsteht die Gefahr der Entgleisung; das Schütteln und Schlingern der Wagen wird sehr bedenklich, selbst wenn die Frostbeule nur 2 bis 3 cm Höhe hat. Man hat grofse Kosten beim Bau aufgewendet, um diese Auffrierungen zu verhüten. Auf 20 km hat man Isolierschichten ausgegraben und auf 3,5 km die Bettung vertieft. Auf lange Strecken hat man gesucht, durch Längsabzuggräben die wasserführenden Schichten und Adern zu entwässern, bevor sie den Bahnkörper erreichen, um auf diese Art den Untergrund des Gleises trocken zu legen. Als Isolierungsstoff bei den Ausgrabungen diente zuerst Kiessand. Man gab der Isolierung den Querschnitt, der in Abb. 1, Taf. 5 dargestellt ist. Später wurde statt Kiessand Moorboden angewendet und die Ausgrabung erhielt den Querschnitt nach Abb. 4, Taf. 5. Die Breite der Ausgrabungen war in beiden Fällen 4 m, nachdem die zuerst angewendete Breite von 3,5 m nicht genügt hatte. Die Tiefe der Isolierschichte war bei Kiessand 1,4 m und bei Moor 1,1 m unter Schienenunterkante. Ob dieses Mafs ganz ausreicht, ist *zweifelhaft*. Jedenfalls ist die Moorisolierung schon des geringeren Ausmafses wegen vom Kostenpunkte aus günstiger. Auch fällt hier die sorgfältige und zeitraubende Einlage einer Moor- oder Torfzwischenschichte, um die Verunreinigung des Kiessandes durch eindringenden Lehm zu verhüten, weg. Sonst aber haben beide Isolierungen entsprochen. Ein unerwarteter Mangel, der sich bei der Moorisolierung ergab, war, dafs unter dem Drucke der Zuglasten das Wasser aus der Moorisolierung herausgeprefst wurde und dadurch die kleinen Tonsandwälle zwischen Isolierung und Einschnittgraben aufgeweicht und hinausgedrückt wurden. Man mufste daher diese kleinen Tonsandkörper nachträglich auf lange Strecken durch Moor oder Torf ersetzen.

Wie schon oben erwähnt, machten Auffrierungen im reinem blauen Lehm gewöhnlich unbedeutende Schwierigkeiten, dafür aber bestand bei diesem Lehm grofse Neigung in die Bettung aufzusteigen. Um dies zu verhindern, wurde auf gewissen Strecken Isolierung nach Abb. 5, Taf. 5 ausgeführt. Die schon angeführten Bettungsverstärkungen innerhalb 3,5 km Bahnstrecke fanden da statt, wo die Gräben ohne gröfsere Kosten vom Bahnkörper etwas weggerückt werden konnten. Dabei wurden dann in den Strecken, in denen Auffrieren zu erwarten war, die Bermenbreiten vergröfsert, um die Bettungsstärke vergröfsern und damit die Auffrierungen beseitigen oder vermindern zu können. Auf obige 3,5 km wurde die Stärke der Kiessandbettung von normal 40 auf 90 cm erhöht. Das Ergebnis war im allgemeinen gut, genügte aber nicht überall und man mufste teilweise noch um 50 cm weiter erhöhen. Die Kosten einer solchen Bettungserhöhung sind etwa nur ein Drittel derer der Isolierschichte, weshalb sich dieses Verfahren überall da empfiehlt, wo die Erdarbeiten kein Hindernis in den Weg legen. Wie aus Abb. 1 hervorgeht, liegt am Boden der Isolierung eine Längsdrainage mit drei Tonrohrsträngen. Alle 10 bis 20 m wird diese Längsdrainage durch einen Quergraben in den unter dem Einschnittgraben gelegenen Hauptablauf abgeleitet, der dann irgendwo an einem Übergang vom Einschnitt zu einer Dammstrecke ausmündet. Da dieser Hauptablauf natürlich auch sonst wasseraufnehmend und trockenlegend wirkt, so hat man ihn auf die Bergseite verlegt, von der die Grundwasserströmungen kommen. Man hat solche Hauptablaufentwässerungen daher auf bedeutend gröfsere Streckenlängen angelegt, als die Isolierungen reichen. Freilich darf man sich von diesen Entwässerungen durch Hauptablaufdrainagen auch nicht allzuviel erwarten. Je nach den Verhältnissen kann aber ihre Wirkung recht gut sein. Man mufs da mit weiter Sicht rechnen.

Man hat auch versucht, wie dies ja auf den ersten Blick recht naheläge, die Isolierungen wegzulassen und lediglich alle 5 bis 8 m eine Querdrainage winkelrecht zum Gleis zu führen und in die zur Bahn gleichlaufende Ablaufdrainage einmünden zu lassen (Abb. 6

Taf. 5). Man hat aber dabei nicht ganz erwarteter Weise einen grofsen Mifserfolg erlebt. Im Winter friert nämlich zuerst die Bettung zu einer zusammenhängenden Kruste zusammen und diese Kruste verstärkt sich im Lauf des Winters. Da wo die Querdrainagen liegen und vielleicht noch je einen halben Meter beiderseits greift der Frost nicht auf den Untergrund über, weil hier die Feuchtigkeit abgeleitet ist. Dagegen ist dies zwischen den Querdrainagen unbehindert der Fall. Bei Beginn des Winters wird das Gleis nach Abb. 6, Taf. 5 etwas holperig. Wenn aber das Auffrieren weiter fortschreitet, so löst sich die Verbindung zwischen Bettungskruste und Untergrund über den Querdrainagen auf Grund der Tragfähigkeit der Schienen und es entstehen über den Querdrainagen Hohlräume unter dem Gleis. Die gefrorene Kruste wirkt auf die Dauer des Winters als Tragkörper, der den Druck der Zuglasten aushält. Das Gleis liegt, obwohl vielleicht um 20 cm und mehr gehoben, verhältnismäfsig eben und gut. Im Frühjahr aber taut zuerst die Bettung auf, die Bettungskruste verliert ihr Tragvermögen, die Schiene schwebt auf 1,6 bis 2 m Länge frei und unter den Drücken der Verkehrslasten kann ein Unfall eintreten. Wie man sieht, handelt es sich um äufserste Verhältnisse, von denen bei uns im allgemeinen nur bescheidene Andeutungen vorkommen. Immerhin sind aus diesen nordischen Verhältnissen, Beobachtungen und Erfahrungen auch für uns manche Lehren zu entnehmen.

Auch bei Hausbauten genügt es nicht immer, auf frostfreie Tiefe zu gehen, sondern man mufs die Grundmauern auch mit isolierenden Stoffen in hinreichender Stärke umhüllen. Im allgemeinen war eine 1,4 m Breite Kiessandschichte oder eine 1,2 m starke Moorschichte erforderlich. Doch verunreinigt sich der Kiessand mit der Zeit, der Moorboden drückt sich zusammen, so dafs er schliefslich nicht mehr den Frost abhält. Daher mag es auch kommen, dafs in manchen Kellern nordländischer Häuser die Temperatur im Winter unter den Gefrierpunkt fallen kann. Man ist daher zu der Ansicht gekommen, dafs sich für solche Grundmauern weder Kiessand noch Moorboden als Isolierung eignet und dafs man, wo irgend zugänglich, Kohlenasche verwenden sollte. Dr. Saller.

Verstärkung der Brücke über den Columbiaflufs in Nordamerika.

In den letzten Jahren hat die Grofse Nordbahn in Nordamerika eine Anzahl ihrer gröfsten Brücken aus Stahl verstärkt. Vor kurzem wurden die Arbeiten an der Brücke über den Columbiaflufs beendet, *die durch die* ungewöhnliche Art, mit der die Aufgabe gelöst wurde, bemerkenswert sind. Die Hauptlinie der Nordbahn kreuzt den den Verkehr nicht zu behindern. Die Verstärkung wurde daher durch eine Zusatzkonstruktion hergestellt. Zu diesem Zweck wurde 1,50 m aufserhalb der vorhandenen Brücke auf jeder Seite ein neuer Träger vorgesehen. Die beiden neuen Träger bilden zusammen ein völlig neues und selbständiges Tragwerk (siehe Abb. 2). Sie erhielten die gleiche Gestalt wie die bereits vorhandenen Träger, wogegen die Knotenpunkte der neuen Konstruktion um 2,40 m tiefer liegen als die entsprechenden der alten Konstruktion. Durch diesen Höhenunterschied wurde es ermöglicht, zwischen den beiden Konstruktionen neue Querträger, die wesentlich verstärkt sind, für die Aufnahme der Gleise einzuschieben. Das alte A-förmige Joch, auf dem je ein Ende der 125 und 75 m weiten Öffnungen ruht, wurde zur Verstärkung mit Beton ummantelt. Die Träger für die Hauptöffnung wurden freitragend vorgebaut, weil wegen der Wassertiefe die Verwendung eines Lehrgerüstes ausgeschlossen war und auch weil die alte Brücke nicht genügend stark war, um neben der Verkehrslast auch noch die Belastung durch die neue Brücke, die sich noch nicht selbst trug, aufzunehmen. Um den Aufwand für die Beschaffung von Behelfkonstruktionen auf ein Mindest-

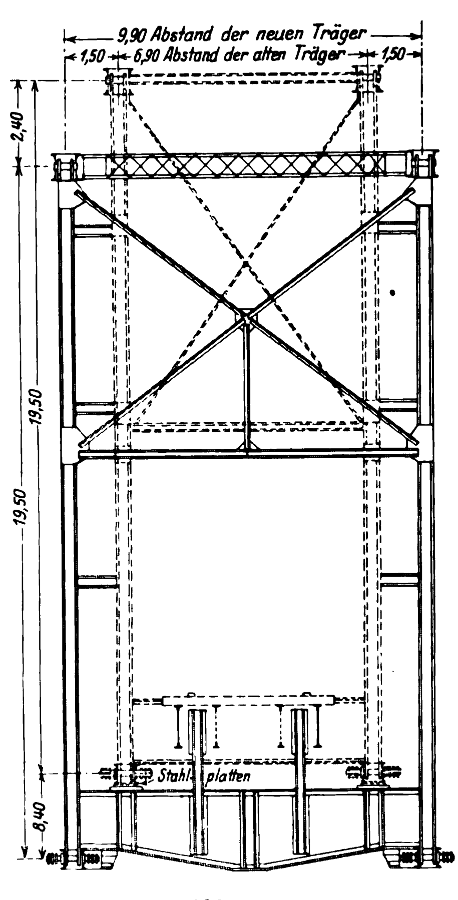


Abb. 2.

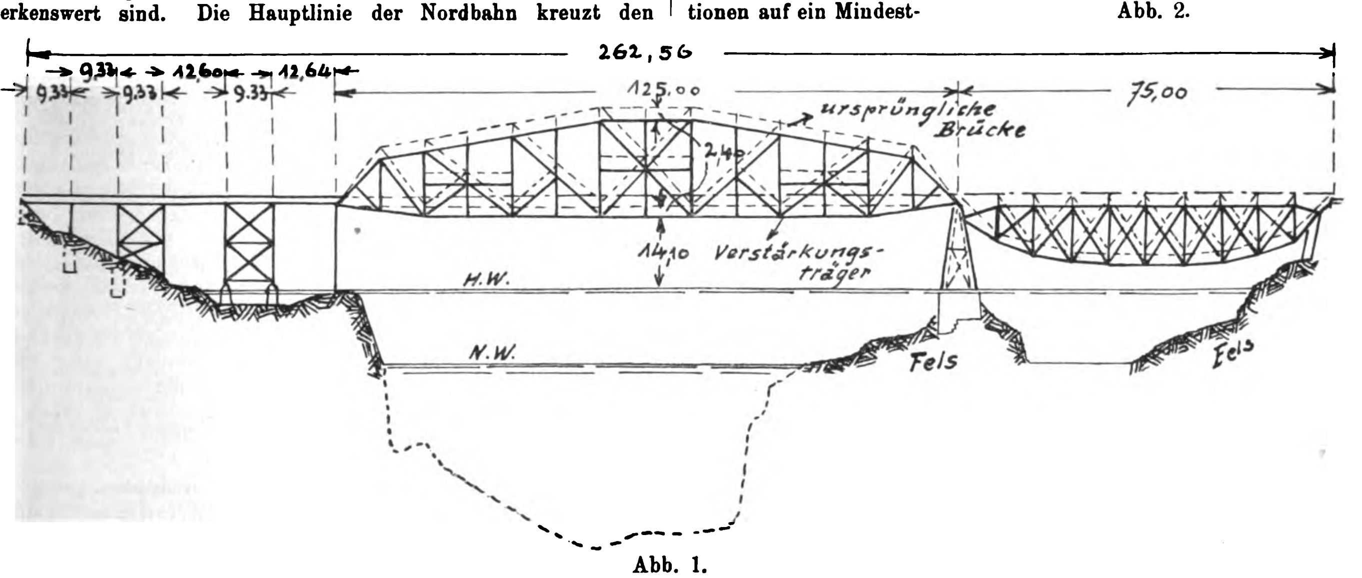


Abb. 1.

Columbiaflufs 10 Meilen östlich von Wenatchee, wo er in felsigem Gelände in einer Breite von etwa 180 m bei einer gröfsten Wassertiefe von etwa 45 m fliefst. Hier wurde der Flufs im Winter 1922/23 mit einer Stahlbrücke mit zwei Öffnungen von 125 und 75 m Lichtweite überbrückt, denen bald eine dritte Öffnung angefügt wurde (siehe Abb. 1). Der einzige Pfeiler der ursprünglichen Brücke, ein A-förmiges Joch in Eisenkonstruktion, ruht auf einem Betonsockel, der auf gutem Fels gegründet ist. Die vorhandene Konstruktion der Brücke war in sehr gutem baulichen Zustand und wurde belassen, um

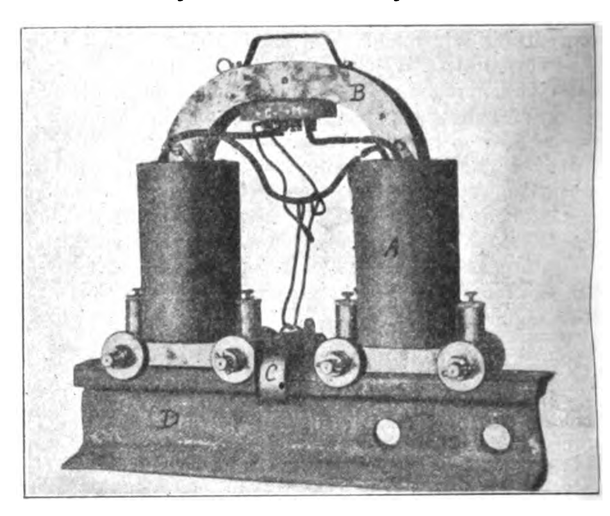
mafs herabzudrücken, wurden hierfür Teile der durch den Umbau der Seitenöffnungen gewonnenen alten Träger benützt, die später bei anderen Brücken Verwendung fanden. Diese Teile wurden während des Vorbaues der Hauptöffnung als Gegengewichte, sowie als Verstrebungen und Verankerungen wegen der einseitigen Belastung der Pfeiler benützt. Da jedoch das Gewicht dieser Träger nicht genügte, um der vorkragenden Konstruktion das Gleichgewicht zu halten, wurden noch weitere Gegengewichte in der Form von grofsen Kästen vorgesehen, die mit Steinen gefüllt wurden. Auf diese Weise

erhielten die Gegengewichte an jedem Ende der Öffnung ein Gewicht von ungefähr 112000 englische Pfund (rund 51000 kg). Die Seitenöffnungen, für die hölzerne Lehrgerüste benützt wurden, sowie die beiden ersten Felder der Hauptöffnung wurden mit Dampfkranen von 30 und 60 t Tragkraft in gröſseren, zusammengesetzten Stücken verlegt. Die übrigen Teile der Hauptöffnung wurden durch fahrbare Krane, die sich auf der bestehenden Brücke bewegten, an Ort und Stelle gebracht. Zur endgültigen Verbindung der von beiden Seiten vorgebauten Kragarme wurden hydraulische Pressen von 300 t Zugkraft an den Enden der Gegengewichtsträger aufgestellt, welche die vorkragenden Träger in die richtige Lage ziehen muſsten. Als die Hauptträger zusammengeschlossen waren und sich selbst trugen, wurden nach Einbringen der neuen Querträger zwischen die Unterkante der alten Knotenpunkte und Oberkante der neuen Querträger Stahlplatten eingeschoben, die den Höhenunterschied genau ausfüllten, ferner wurden auch jeweils der alte und neue Träger seitlich verbunden und so das Zusammenwirken der alten und neuen Konstruktion herbeigeführt. Wa.

(Railway Age 1926, April, Seite 1133 ff.)

Eine neue Vorrichtung zum Aufsuchen innerer Fehler in Schienen.

Ein japanischer Ingenieur Susuki hat einen von ihm „Defektoskop" genannten Apparat zum Aufsuchen von inneren Fehlern in Schienen erfunden, der es gestattet, in 1 bis 2 Minuten an einer Schiene eine ganze Reihe von Proben vorzunehmen, ohne deren Stoff irgendwie anzugreifen. Wenn man eine Eisen- oder Stahlstange in ein starkes magnetisches Feld bringt, so hängt deren Permeabilität von ihren Eigenschaften und insbesondere von ihrer mechanischen und thermischen Bearbeitung ab. Zum Beispiel nimmt die Permeabilität von Kohlenstoffstahl ab mit dem Anwachsen seines Kohlenstoffgehaltes. Die Permeabilität hängt auch in weiten Grenzen von der Art des Schmiedens und überhaupt der Herstellung des Metalles ab, desgleichen von dem Vorhandensein von Rissen und Metallbeimischungen, welch letztere gewöhnlich die Permeabilität vermindern. Wenn sich im magnetischen Kreis ein kleiner Luftzwischenraum befindet, so wird der in diesem Kreis bei gleicher magnetomotorischer Kraft sich entwickelnde magnetische Kraftfluſs nur ein Teil desjenigen, der sich bei ununterbrochenem magnetischem Kreis bilden würde. Wenn die magnetische Eigenschaft einer Schiene auf ganze Länge gleich ist, so wird auch der magnetische Kraftlinienfluſs auf ihre ganze Länge gleich. Hat aber die Schiene an irgend einem Punkte eine schadhafte Stelle, so ist ihre Permeabilität an diesem Punkte gröſser und infolgedessen erzeugt die magnetomotorische Kraft hier einen geringeren magnetischen Kraftlinienfluſs. Die Verminderungen der Kraftlinienzahl eines magnetischen Feldes wird durch eine das Feld umschlieſsende Spule mit angeschlossenem Galvanometer gemessen. Wenn man also die Eisenstange mit Hilfe einer solchen Versuchsspule prüft, indem man die Spule zusammen mit dem magnetisierenden Elektromagneten über die Stange hin bewegt, so gibt das Galvanometer bei unveränderlicher Permeabilität der Stange keine Ablenkungen. Wenn sich aber eine Stelle mit einem Schaden oder mit stark sich änderndem Gefüge findet, so schlägt der Zeiger des Galvanometers mehr oder weniger aus. Dabei muſs natürlich Elektromagnet und Versuchsspule mit gleichmäſsiger Geschwindigkeit bewegt werden und der Abstand zwischen Schienenoberfläche und beiden Polen darf sich nicht im geringsten ändern. Jeder der beiden Pole des Hufeisenmagnets (siehe Abb.) läuft auf vier Röllchen, die zur Bewegung über die Schiene hin dienen. Bei eingebauten Schienen ist es nicht möglich, daſs die Meſsspule die Schiene umgreift. Sie ist daher über dem Kopf angebracht und wird nur durch den Streufluſs der Kraftlinien durchsetzt. Die Messung setzt also voraus, daſs sich bei Änderungen im eigentlichen Magnetkreis auch der Streufluſs ändert. Diese Meſsspule besteht aus sehr dünnem Kupferdraht, seidenumsponnen und mit Glimmer isoliert. Drähte, die von der Spule abgehen, verbinden diese mit dem Galvanometer.



Defektoskop.

In Ruſsland sind mit dem Defektoskop Versuche gemacht worden, die zeigten, daſs mit seiner Hilfe innere Fehler verschiedener Art an Schienen gefunden werden können und zwar innere, an der Oberfläche nicht sichtbare Sprünge, das Vorhandensein eines bedeutenden Schwefelgehalts im Metall, nestartige Anhäufungen von Beimengungen aller Art, unregelmäſsige innere Spannungen, die sich in den Schienen beim Walzen und Ausrichten ergeben. Dr. S.

Lokomotiven und Wagen.

Pullman-Wagen der Internationalen Schlafwagen-Gesellschaft.

Die neuen Wagen sind für die Luxuszüge zwischen Paris und Calais und für den Süd-Expreſs bestimmt. Die Lieferung wurde auf verschiedene englische und französische Firmen verteilt. Im allgemeinen Aufbau sind die Wagen den auf englischen Bahnen laufenden Pullman-Wagen ähnlich. ihre Abmessungen sind jedoch wesentlich gröſser.

Die Internationale Schlafwagen-Gesellschaft ist schon vor einigen Jahren zum Bau eiserner Wagen übergegangen. Dementsprechend sind auch die neuen Wagen ganz aus Eisen hergestellt; die Bauart ist dieselbe wie bei den ersten Wagen; sie lehnt sich eng an die amerikanische Ausführung an und weicht demgemäſs von derjenigen der Deutschen Reichsbahn stark ab. Zwischen den Drehgestell-Mitten erstrecken sich vier Längsträger, von denen die beiden äuſseren in Z-Form sehr leicht gehalten sind, während die beiden mittleren mit 610 mm Abstand voneinander aus Blechen und Winkeln zu kräftigen Fischbauchträgern zusammengesetzt sind. In Höhe der Drehgestellmitten ist beiderseits ein Stahlguſskopfstück angesetzt, das die Drehzapfen und die gesamten Zug- und Stoſsvorrichtungen der Bauart Chevalier und Rey aufnimmt. Gegenüber dem Vorteil des einfacheren Zusammenbaus und der leichteren Unterhaltung hat diese Bauart den Nachteil, daſs bei gröſseren Beschädigungen jedesmal das ganze Guſsstück ausgewechselt werden muſs. Der Wagenkasten ist aus Formeisenpreſsteilen und Blechen zusammengebaut; an Stelle des bisher bei der Schlafwagen-Gesellschaft üblichen ziemlich flachen Daches mit Aufbau haben die eisernen Wagen ein stark gewölbtes Tonnendach erhalten. Die Fenster sind fest; nur das obere Drittel kann zur Lüftung geöffnet werden. Der Fuſsboden besteht aus Blechplatten mit einem Belag von Induroleum und darüber Gummi. Die Drehgestelle haben die schon früher beschriebene*) amerikanische Schwanenhals-Bauart mit einem in einem Stück gegossenen Stahlguſsrahmen.

Besonderer Wert ist auf die Inneneinrichtung gelegt worden. Von der gesamten Lieferung haben jeweils drei Wagen die gleiche Ausstattung. Die Unterschiede bestehen in der Hauptsache in der Wahl der Hölzer und der Bezugstoffe. Ein Teil der Wagen hat Küchen- und Anrichteräume in der bei Speisewagen üblichen Weise erhalten. Die Textabbildung zeigt das Innere eines in England gebauten Wagens.

Die Beleuchtung ist elektrisch nach Bauart Stone; auſser einer groſsen Anzahl von Deckenlampen sind noch Tischlampen vorgesehen. Bemerkenswert ist, daſs auch über jeder der vier Türen in den Vorbauten eine Lampe angebracht ist; diese Anordnung wird das bei allen D-Zugwagen schwierige Ein- und Aussteigen bei

*) Organ 1922, S. 55.

Nacht wesentlich erleichtern. Die Heizkörper der Niederdruckdampfheizung liegen an den Seitenwänden. Die Druckluftbremse wirkt selbsttätig und nichtselbsttätig.

Der äufsere Anstrich ist unten braun, oben cremefarbig gehalten; die Anschriften bestehen auf dem hellen Grund aus brünierten



Innenansicht eines Pullman-Wagens.

Messingbuchstaben, auf dem dunkeln Grund aus Goldschrift. Der Luxuszug Paris—Calais hat von der Gesellschaft den Namen „Goldener Pfeil" erhalten; in wenig geschmackvoller Weise sollen verschiedene derartige auf den Wagen aufgemalte Pfeile dies andeuten.

(The Railw. Eng. 1926, Oktob.) R. D.

Eiserne Schlafwagen der Internationalen Schlafwagen-Gesellschaft.

Für ihre Luxuszüge hat die Internationale Schlafwagen-Gesellschaft neuerdings eine gröfsere Anzahl vierachsiger eiserner Schlafwagen in Dienst gestellt, die zum grofsen Teil von englischen Firmen gebaut worden sind. Die Einrichtung sowie der allgemeine Aufbau dieser Wagen stimmt vollständig mit den oben beschriebenen Pullman-Wagen überein. Sie besitzen auch dieselben Drehgestelle wie diese. Die Wagen enthalten zwölf Schlafabteile, davon acht mit einem Bett, der Rest mit zwei Betten. Ein Teil der Abteile läfst sich durch Drehtüren in Doppelabteile verwandeln. Bei den Abteilen mit einem Bett sind die Waschbecken im Abteil selbst, bei denjenigen mit zwei Betten für je zwei Abteile gemeinsam in einem zwischen denselben liegenden besonderen Waschraum untergebracht. An jedem Wagenende befindet sich ein Abort.

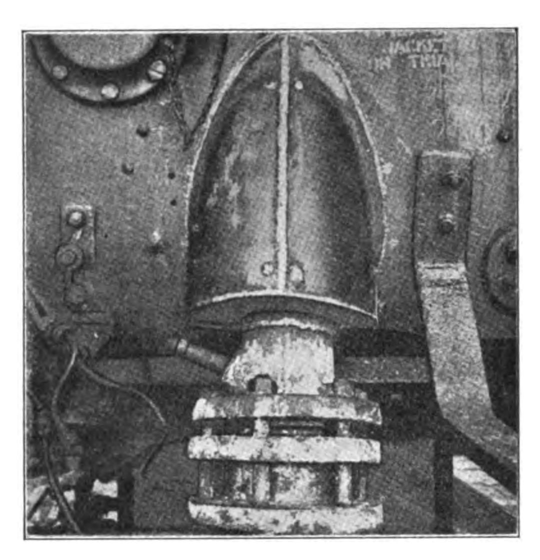
Die Innenausstattung ist in einfachen geschmackvollen Formen gehalten. Die Wandbekleidung besteht aus Mahagoniholz mit Einlegearbeiten, die Decke ohne Lüftungsaufbau ist weifs gestrichen, der Boden ist mit Induroleum belegt. Die Polsterbezüge sind aus blauem, gemustertem Plüsch. Der Aufsenanstrich der Wagen ist blau mit Goldleisten und goldener Beschriftung. Der Heizkessel für die Warmwasser-Heizung kann in der bei Schlafwagen üblichen Weise entweder mit Dampf von der Heizleitung oder aber unmittelbar beheizt werden. Zur Beleuchtung dient eine elektrische Maschinenanlage, Bauart Dick: sie liefert zugleich den Strom für einige elektrisch betriebene Ventilatoren.

Ein Teil der Wagen läuft schon seit einiger Zeit in den französischen Riviera-Exprefszügen; soweit ein Übergang auf aufserfranzösische Bahnen in Frage kommt, sind die Wagen mit den erforderlichen Übergangseinrichtungen, Bremsen usw. ausgerüstet.

(Engineering 1926, Nr. 3179.) R. D.

Dichtung der Einströmrohre an der Rauchkammer.

Es ist schwierig, die Stelle, an der die Dampfrohre die Bleche der Rauchkammer durchdringen, dauernd dicht zu halten; das Eindringen von Aufsenluft in die Rauchkammer verschlechtert aber den Zug und ist der Anlafs erhöhten Kohlenverbrauches. Die American Lokomotive Company hat daher eine ihr gesetzlich geschützte Anordnung getroffen, bei der ein Blechgehäuse einerseits an der



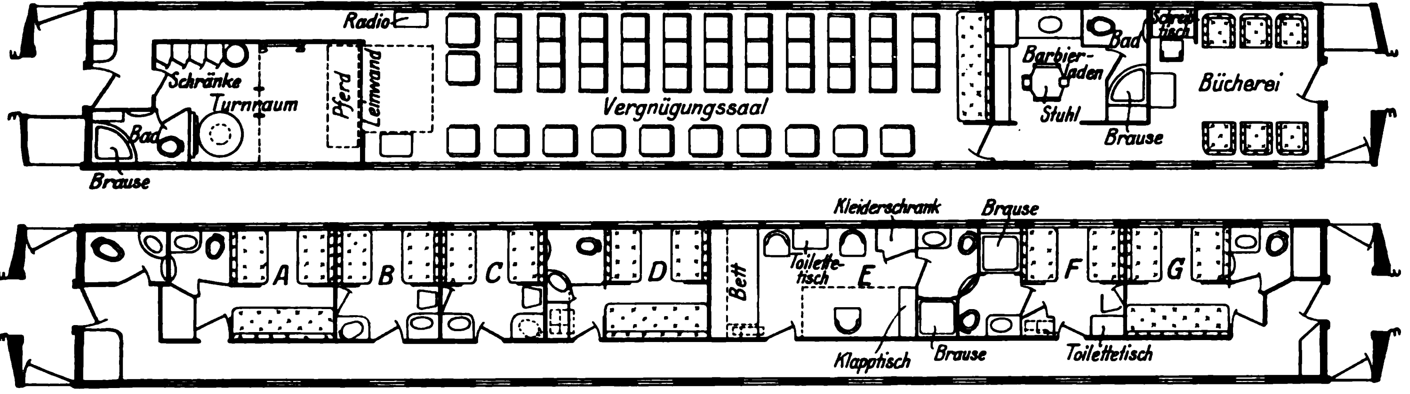
Das bewegliche Dampfrohrgehäuse nach dem Zusammenschweifsen.

Aufsenseite der Rauchkammer und anderseits an den Dampfrohren angeschweifst ist. Das zweiteilige Gehäuse wird um die Rohre gelegt und am Saum zusammengeschweifst, worauf das Anschweifsen an die Rauchkammer und an das Rohr folgt (siehe Abbildung). So ergibt sich eine genügende Beweglichkeit, um den Ausdehnungen der Rohre folgen zu könnnen. Bei guter Herstellung bleibt das Gehäuse unbegrenzt dicht. Bttgr.

(Railway Age, 1. H., 1926, Nr. 22.)

Neue Pullmanwagen mit Turnraum und Vergnügungssaal.

In den Vereinigten Staaten sind die „Landkreuzerfahrten" üblich geworden, das sind Sonderzüge, welche die Ausflügler zu den historisch interessanten und an Naturschönheiten reichsten Punkten des Landes führen und dabei alle erdenklichen Reiseerleichterungen bieten. Ein solcher Zug besteht aus einem „Vergnügungswagen" mit Turnsaal, Erholungsraum, Barbierladen und Bücherei, einem Luxusschlafwagen,



Grundrifs des Vergnügungswagens und des Luxusschlafwagens.



mehreren Wohnwagen und einem Aussichtswagen, aufserdem wird natürlich ein Speise- und ein Gepäckwagen mitgeführt.

Kürzlich wurde von der Pullman-Gesellschaft ein neuartiger Vergnügungswagen erbaut: er ist 25 m lang und enthält einen 3,7 m langen Turnraum mit Brausebad; daran schliefst sich ein 11,6 m langer Erholungsraum; der Barbierladen mifst 2,8 m und den restlichen nutzbaren Teil mit 3 m nimmt die Bücherei ein (siehe Abb.). Im Turnraum befinden sich einige der auf Überseedampfern üblichen Turngeräte. Der Erholungsraum bietet Sitzgelegenheit für 49 Personen. Er dient als Lesesaal, Konzert- oder Lichtspielraum; eine neuzeitliche Rundfunkempfangsanlage vervollständigt die Ausrüstung. Durch Entfernung der Sitze kann ein Tanzraum für etwa 15 Paare geschaffen werden. Bttgr.

(Railw. Age, 1. Hälfte 1926, Nr. 27.)

Betrieb in technischer Beziehung. Signalwesen.

Aufstellung von Ankündigungszeichen vor Vorsignalen.

Um dem Lokomotivführer ein auch bei Dunkelheit und unsichtigem Wetter wirksames Zeichen zu geben, dafs er sich einem Vorsignal nähert, stellt die Deutsche Reichsbahn-Gesellschaft, zunächst auf allen Schnellzugstrecken, Ankündigungszeichen (Warnzeichen, mit einem seemännischen Ausdruck „Baken" genannt) auf. Es sind dies Tafeln von 0,4 m Breite und 1,6 m Höhe (0,75 × 0,75 m, wenn ausnahmsweise zwischen den Gleisen aufgestellt), die auf weifsem Grundanstrich dem Zuge entgegen ein bis drei (bzw. fünf) von links nach rechts ansteigende schwarze Querstreifen tragen. Die dem Vorsignal am nächsten stehende Tafel erhält einen Querstreifen, die vom Vorsignal am weitesten abstehende soviele Querstreifen als Baken verwendet sind. Die Baken sind in einfachster Weise aus Holz herzustellen und mit einem haltbaren Ölfarbenanstrich zu versehen. In der Regel werden drei Baken hintereinander aufgestellt, nur bei ungünstiger Sichtbarkeit des Vorsignals wird die Zahl auf fünf vermehrt. Die dem Vorsignal am nächsten stehende Bake ist 100 m von ihm entfernt, der Abstand der Baken untereinander ist auf je 75 m bemessen. In der geraden Strecke beträgt die Neigung der Tafelfläche zur Bahnachse etwa 60 Grad, in Kurven ist der für die Sichtbarkeit günstigste Neigungswinkel besonders zu ermitteln. Sie sind auch bei Nacht zu sehen, weil sie im Schein der Bahnbeleuchtungslaternen der Lokomotive sich vom Hintergrund abheben. Infolge der schräg angeordneten schwarzen Streifen entsteht beim Vorbeifahren für das Auge der Eindruck einer Bewegung der Streifen, wodurch die Aufmerksamkeit besonders erregt wird.

Buchbesprechungen.

Wagner, Verzeichnis der deutschen Literatur über Verschiebebahnhöfe. Technisch-Wirtschaftliche Bücherei, Heft 35. Verlag Guido Hackebeil A.-G., Berlin S 14, 1926.

Das Heft bringt eine erschöpfende Zusammenstellung aller Veröffentlichungen über Verschiebebahnhöfe von den ersten Anfängen bis Juni 1926. Der umfangreiche Stoff ist handlich nach Stichworten gegliedert. Mit kurzen Inhaltsangaben wird auf die bisherige Behandlung in der Literatur verwiesen. Über besonders wichtige Merksätze und Zahlenwerte bringt das Verzeichnis unmittelbare Angaben.

Jedem, der mit Betrieb oder Bau von Verschiebebahnhöfen beschäftigt ist, wird das Heft ein wertvoller Berater sein; es bietet Hinweise auf alle Fragen der Verschiebetechnik und des Verschiebebetriebs und vermittelt einen raschen Überblick durch die übersichtliche, gedrängte Zusammenstellung des Stoffes. Dr. Bl.

Eisenbahnkunde, Unterrichts- und Fortbildungszeitschrift für das gesamte Eisenbahnpersonal. 25. Jahrgang. Zu beziehen durch alle Postanstalten des In- und Auslandes, Bezugspreis RM. 1,50 vierteljährlich. Herausgegeben von Reichsbahnrat Hafsfurter, Nürnberg.

Neben dem Buch, das ein Fachgebiet in wissenschaftlicher Weise abschliefsend behandelt, neben den Fachzeitschriften, die der Erörterung in der Schwebe befindlicher Fragen und damit dem Fortschritte dienen, nimmt einen nicht unbeachtlichen Platz in der Literatur die Unterrichtszeitschrift ein. Ihr kommt ganz besonders im grofsen Organismus der Eisenbahnverwaltung mit ihren verschiedenartigen Zweigen und ihrem aufserordentlich grofsen Personalstand eine besondere Existenzberechtigung zu.

Eine Jubilarin auf diesem Gebiete ist die „Eisenbahnkunde", die mit dem neuen Jahr in den 25. Jahrgang ihres Erscheinens eingetreten ist. Ein Rückblick auf die zurückliegende lange Zeit ergibt, dafs die Zeitschrift stets bestrebt war, guten, der Praxis entnommenen Stoff in verständlicher und leicht lesbarer Form zu bringen. Sie hat sich damit einen grofsen Kreis von Freunden erworben, nicht nur in Bayern, wo sie vor 25 Jahren von Cadau und Hafsfurter gegründet wurde, sondern auch weit über die Grenzen Bayerns hinaus. Dem zweiten Vierteljahrhundert geht die Zeitschrift, gestützt auf den bisherigen Erfolg, in neuer Form und gröfserem Umfang entgegen, so dafs sie sicher ihren Leserkreis noch mehr vergröfsern und ihr Verbreitungsgebiet erweitern wird.

Unterrichtsblätter über Fernmeldetechnik, II. Teil, herausgegeben von der Reichsbahndirektion Halle (Saale), Verlag Dr. Tetzlaff in Berlin-Schöneberg.

Der vorliegende II. Teil enthält 15 Unterrichtsblätter, in denen die Fernsprecheinrichtungen für Ortsbatterie- und Zentralbatterie-Betrieb, die Einrichtungen der Fernsprechzentrale und die Fernsprechleitungen ausführlich behandelt sind. Die Unterrichtsblätter enthalten auch zahlreiche bildliche Darstellungen der verschiedenen Einrichtungen und bieten jedem, der im Fernsprechwesen tätig ist, eine vorzügliche Gelegenheit, sich mit den Einzelheiten vertraut zu machen. Reichsbahnrat Sorger.

Verschiedenes.

75 Jahre Lübeck-Büchener Eisenbahn.

Am 15. Oktober 1851 fuhr der erste Eisenbahnzug von Lübeck nach Büchen und stellte damit den Anschlufs Lübecks an das damals bereits in kräftiger Entwicklung befindliche deutsche Eisenbahnnetz her. Schwer war dieses Ziel zu erreichen gewesen. Dänemark, das Herr in den Herzogtümern Holstein und Lauenburg war, suchte Lübeck alle Verkehrswege nach dem deutschen Binnenlande abzuschneiden und nur der Umweg über Mecklenburg stand offen. Schon im Jahre 1831 begannen die Bemühungen um den Bau einer Bahn, doch erst 1847 kam ein Staatsvertrag mit Dänemark zustande, der den Bau einer Eisenbahn von Lübeck nach Büchen ermöglichte. Mit einem Aktienkapital von 2½ Millionen Talern wurde die Lübeck-Büchener Eisenbahn-Gesellschaft gegründet und mit 5 Lokomotiven, 13 Personen-, 2 Gepäck- und 71 Güterwagen der Betrieb eröffnet; zwischen Lübeck und Büchen verkehrten täglich drei Zugspaare. Die Entwicklung des Unternehmens hat aber alle darauf gesetzten Hoffnungen in reichem Mafs erfüllt. 1865 wurde eine zweite Eisenbahnverbindung Lübeck—Hamburg gebaut, die heute die Hauptstrecke der Gesellschaft bildet, 1882 die Linie Lübeck—Travemünde. Im Laufe der Jahre wurde dann das Netz noch durch eine Anzahl Strecken von lokaler Bedeutung erweitert. Heute beträgt das Aktienkapital der Gesellschaft 45 Millionen Mark. Zur Verfügung stehen 80 Lokomotiven, 300 Personen-, 40 Gepäck- und 1200 Güterwagen. Im Sommer verkehren 64 Zugspaare, darunter 6 D-Zugspaare. Das Streckennetz hat zwar nur eine Länge von 161 km, doch ist es ein wichtiger und bedeutender Verkehr, der sich auf ihm abwickelt. Die Lübeck-Büchener Eisenbahn-Gesellschaft kann heute als die gröfste deutsche Privatbahn und als eine der wenigen Privatbahnen, die, aus der Gründungszeit des Eisenbahnwesens stammend, ihre Selbständigkeit bewahrt hat, mit Befriedigung auf die Arbeit der vergangenen 75 Jahre zurückblicken, in denen sie sich zu einem wichtigen Bestandteil des norddeutschen Eisenbahnnetzes entwickelt hat. A. P.

Berichtigung.

Im Heft 23 des Jahrgangs 1926, Seite 485 linke Spalte Zeile 29/30 mufs es heifsen statt „System Reutener" „System Borghaus".

Für die Schriftleitung verantwortlich: Reichsbahnoberrat Dr. Ing. H. Uebelacker in Nürnberg. — C. W. Kreidel's Verlag in München.
Druck von Carl Ritter, G. m. b. H. in Wiesbaden.



Zum Aufsatz: Zur Geschichte der Steilweichen.

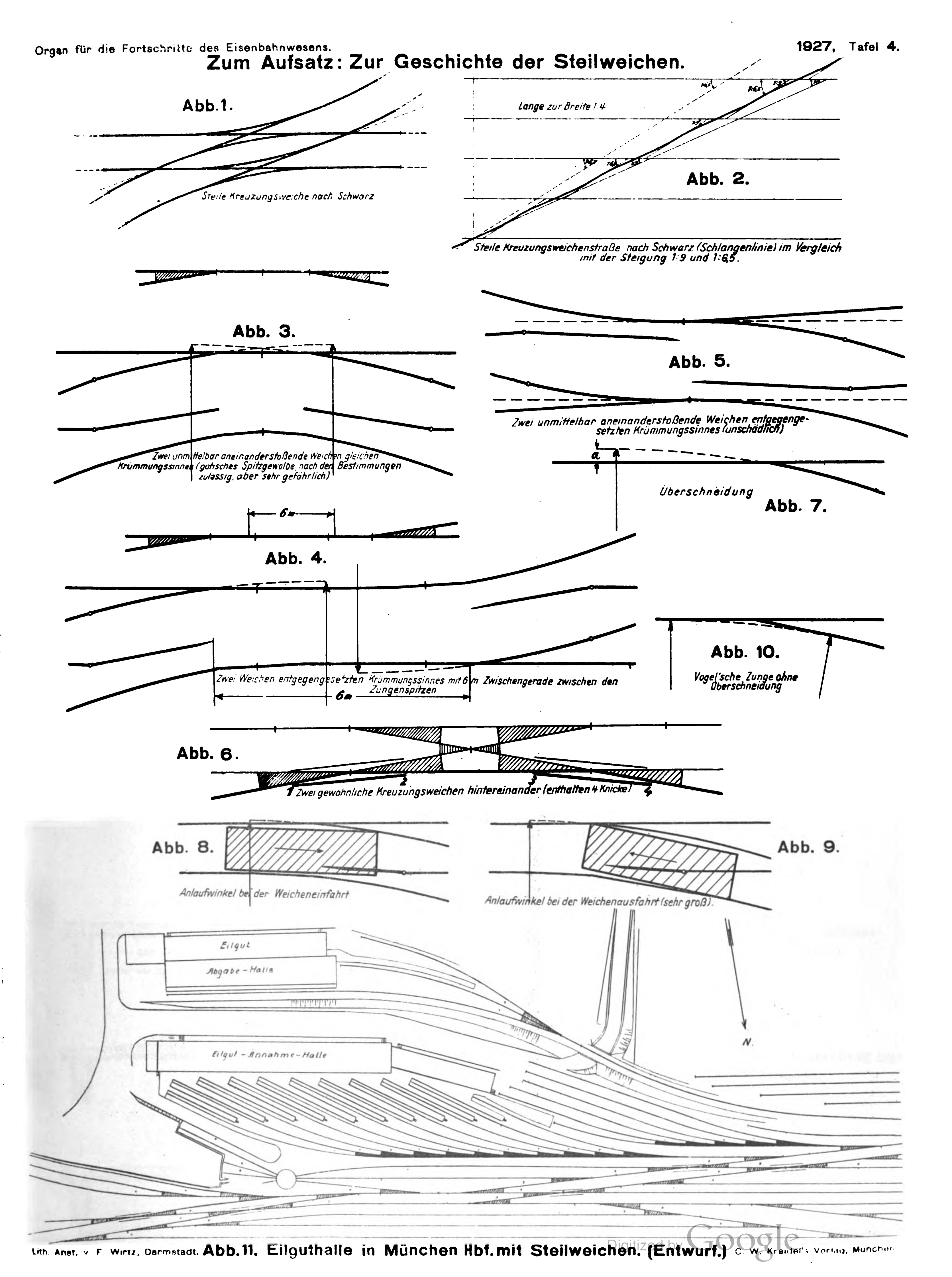
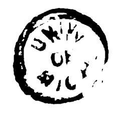


Abb. 11. Eilguthalle in München Hbf. mit Steilweichen. (Entwurf.)

Lith. Anst. v. F. Wirtz, Darmstadt. C. W. Kreidel's Verlag, München



Zum Bericht: Schutzarbeiten gegen Wasser und Frost am Bahnkörper der schwedischen Bahn Forsmo-Hoting.

Abb. 1. Böschungsverkleidung und Jsolierung mittels Kiessand.

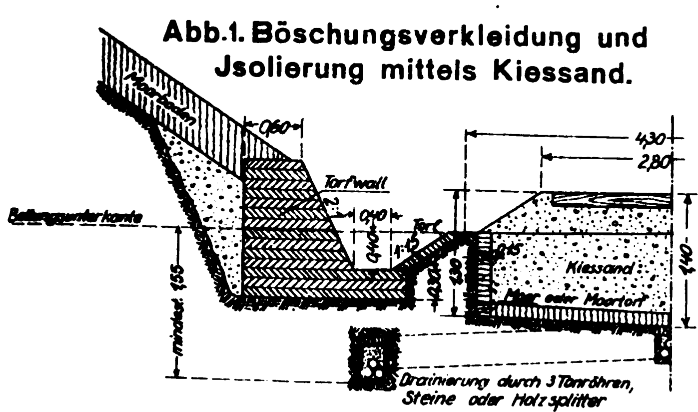


Abb. 2. Längsgräben unter Zuhilfenahme von Torfwällen.

4,50
2,80
Schienenunterkante
1,00
B
1,00
Moorboden
Moorboden
Torf
B+3,00

Abb. 3. Steinverkleidung der Böschung.

Moorboden
0,80
9,10
Rollsteine
Moor
3,50
Bettungsunterkante
Bretter
3 Tonröhren
1,90
2,80
4,70

Abb. 4. Jsolierung mittels Moorboden.

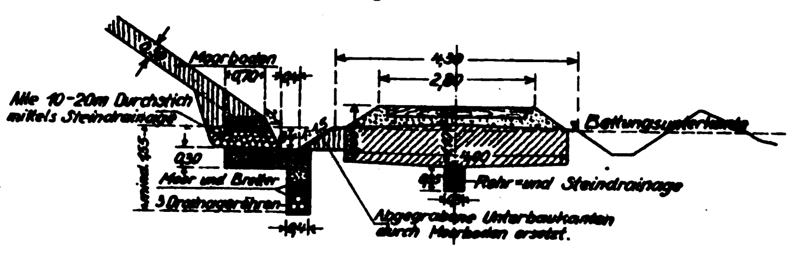


Abb. 5. Jsolierung gegen Lehmboden, der in die Bettung aufzusteigen sucht.

4,50
2,80
Reisigbett
Moorbodenfüllung
Rundholz und Bohlen
Jn gewissen Fällen alle 5m ein Abstich

Querschnitt A-B zu Abb. 6 a.

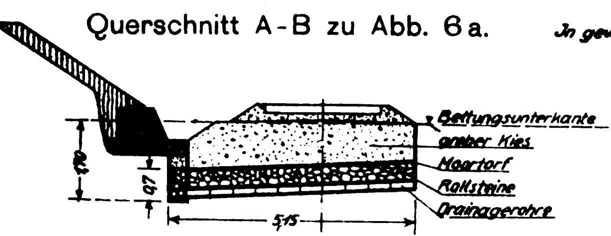
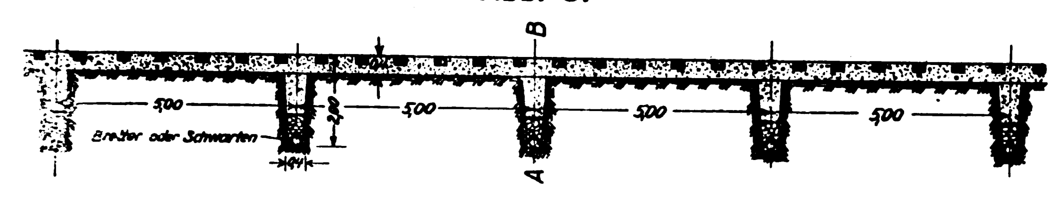
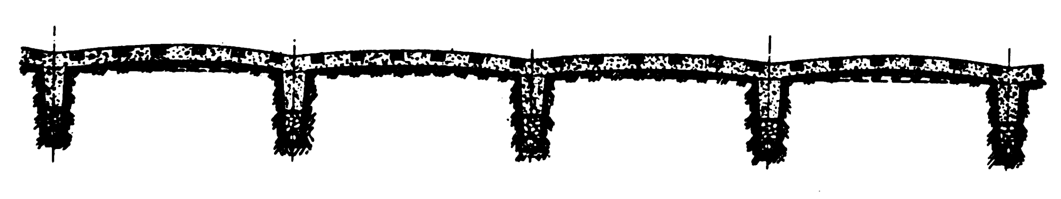


Abb. 6.



a) Längsschnitt des Gleises vor dem Auffrieren.



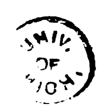
b) der gleiche Längsschnitt bei geringem Auffrieren.

Hohlraum

c) der gleiche Längsschnitt bei kräftigem Auffrieren.

Lith. Anst. v. F. Wirtz, Darmstadt.

C. W. Kreidel's Verlag, München



1927
82. Jahrgang.

Heft 3
15. Februar

ORGAN
FÜR DIE
FORTSCHRITTE DES EISENBAHNWESENS

TECHNISCHES FACHBLATT
DES VEREINS DEUTSCHER
EISENBAHNVERWALTUNGEN



HERAUSGEGEBEN VON
DR. ING. H. UEBELACKER
C. W. KREIDEL'S VERLAG · MÜNCHEN

Inhalt:

Die mechanisch angetriebene Diesellokomotive mit fester Übersetzung und mehreren, einzeln kuppelbaren Motoren. O. Günther. 39. — Taf. 6 bis 9.
Erfahrungen mit in Heißdampflokomotiven umgebauten Naßdampflokomotiven. M. Widdecke. 44.
Selbsttätige Signalanlagen. Roudolf. 48.
Spurkranzschweißung. Krohne 52.
1 C_0-D_0-C_0 1 Diesel-elektrische Lokomotive in Rußland. 53.
Dieselmotor-Triebwagen und -Lokomotiven in Amerika. 53.
1 D-h 2 Güterzuglokomotive und 2 D-h 2 Schnellzuglokomotive der Polnischen Staatsbahnen. 54.
Vergleichsfahrten von Heißdampf- und Naßdampflokomotiven bei Neben- und Kleinbahnen. 54.
Optische Signalübertragung. 55.
Kesselwagen für Steinkohlenteer. 55.
Selbsttätige Bremsvorrichtung von Miller für Lokomotiven. 56.
Verschiedenes. 56.

Organ für die Fortschritte des Eisenbahnwesens

Technisches Fachblatt des Vereins Deutscher Eisenbahn-Verwaltungen

Schriftleitung: Dr. Ing. H. Uebelacker, Nürnberg, unter Mitwirkung von Dr. Ing. A. E. Bloss, Dresden.

82. Jahrgang | 15. Februar 1927 | Heft 3

Die mechanisch angetriebene Diesellokomotive mit fester Übersetzung und mehreren, einzeln kuppelbaren Motoren.

Von O. Günther, Oberingenieur der Maschinenfabrik Esslingen in Esslingen.

Hierzu Tafel 6 bis 9.

Die erste gröfsere Diesellokomotive wurde als eine mechanisch von einem fest gekuppelten Motor angetriebene Lokomotive von Gebr. Sulzer & A. Borsig 1910/12 für die ehemalige preufsische Staatsbahn gebaut. Ihr Mifserfolg durch zu schwachen Motor, ungenügende Hilfseinrichtung zum Anfahren und Bergfahren, und besonders durch das Anlassen des Motors unter Last führte zum Bau von Diesellokomotiven mit Übertragungen.

Die Übertragungen, elektrisch, mit Flüssigkeitsgetriebe oder mit Druckluft, sowie der mechanische Antrieb mit Zahnradwechselgetriebe machen die Drehzahl der Lokomotivräder mehr oder weniger unabhängig von der des Motors, ergeben bei einer mit wirtschaftlichen Brennstoffüllungen nur gering veränderlichen Motorleistung eine mehr oder weniger stark veränderliche Zugkraft und befähigen die Diesellokomotive zu einer Anpassung an jetzige Betriebsforderungen, wie sie die Dampf- und die rein elektrischen Lokomotiven aufweisen. Eine solche Übertragung wiegt jedoch im allgemeinen mehr als der Motor und verringert die Brennstoffausnützung der Lokomotive, so dafs sie wirtschaftlich nur unter besonderen Verhältnissen gegen die Dampf- oder elektrische Lokomotive aufkommen kann.

In Deutschland kostet 1 t Gasöl von 10000 WE/kg annähernd 3,9 mal soviel als 1 t Lokomotivkohle von 6700 WE/kg ab Zeche bzw. Hafen, einschliefslich der Fracht von 400 km, also eine WE Gasöl etwa das 2,6 fache einer WE Kohle. Ist dann die Wärmeausnützung der Dampflokomotive auf einer bestimmten Strecke 7%, so müfste die Wärmeausnützung der Diesellokomotive auf der gleichen Strecke 18,2% betragen, wenn die Betriebskosten beider Lokomotiven auch sonst gleich wären. Diese sind aber, wie im weiteren dargelegt, für die Diesellokomotive bedeutend höher, so dafs beispielsweise für eine Diesellokomotive mit dem $2^1/_2$ fachen Preis einer gleichwertigen Dampflokomotive, und einer Anpassungsfähigkeit und Wärmeausnützung wie bei der elektrischen Übertragung, die jährliche Nutzleistung $^1/_3$ gröfser als bei der Dampflokomotive, oder der mittlere Wirkungsgrad dieser Diesellokomotive auf einer Strecke, auf der die neuzeitliche Dampflokomotive 7% aufweist, rund 23% sein müfste, wenn die gesamten Betriebskosten der Diesellokomotive mit denen der Dampflokomotive sich gleich stellen sollen. Selbst dann wird die Diesellokomotive wegen ihres höheren Preises nur eingeführt werden, wenn sie eine Verbesserung bringt, die sich nicht in der häufig erhobenen Forderung konstanter Leistung als Produkt aus Fahrgeschwindigkeit und Zugkraft erschöpft. Der der Eisenbahn im Strafsenkraftwagen erwachsene Wettbewerb nötigt sie zur Forderung möglichst konstanter Fahrgeschwindigkeit, die am vollkommensten von einer Lokomotive erzielt wird, deren Zugkraft bei allen Fahrgeschwindigkeiten bis an die Schleudergrenze gesteigert werden kann. Damit ergibt sich die gröfstmögliche Beschleunigung und kürzeste Fahrzeit bei geringster, im allgemeinen wirtschaftlichster Höchstgeschwindigkeit.

Diese Forderungen werden von der mechanisch angetriebenen Diesellokomotive, Textabb. 1, erfüllt. Die beiden Motoren, parallel zu den Lokomotivachsen im Rahmen befestigt, sind nach Dobrowolski an den Wellenenden mit Kupplungen*) versehen, die das Leeranlassen des Motors oder die Leerfahrt der Lokomotive, sowie das teilweise oder volle Einschalten der Motoren gestatten.

Die Kupplung in der Bauart Lohmann & Stolterfoht, Textabb. 2, ist einesteils mit der Mitnehmerscheibe a an der Motorwelle b befestigt und andernteils mit der Kurbelscheibe c in der Motorwelle a und dem Tragarm d drehbar gelagert. In der dargestellten Lage der Hebel e und f ist die Motorwelle a mit dem an den Zapfen g angreifenden Triebwerk der Lokomotivräder gekuppelt, indem Federn h einerseits auf den Ring i und andererseits über den Ring k, Hebel e und f auf den Ring l drücken, so dafs die Reibbeläge der Ringe i und l an der Kurbelscheibe c und dem mit ihr verbundenen Ring n die erforderliche Reib- bzw. Drehkraft erzeugen. Die Ringe i und l sind durch Keile o gegen Drehen auf der Scheibe a gesichert. Der Hebel e liegt in der überspreizten Stellung mit dem Hebel f mit der Nase p an dem Ring k an und wird in der Lage durch die Spannung der Federn h gehalten. Um den Reibungsdruck zu verringern, besonders beim Anfahren, wird durch eine Schnecke die Mutter q gedreht, so dafs die Ringschraube r mit dem Kugellager s den Stützring t und den angegliederten Hebel e nach ihren strichpunktierten Stellungen hin zieht. Bei weiterer Drehung der Schnecke oder Verschiebung des Stützringes t werden die Reibbeläge vollends von der Kurbelscheibe gelöst und der Motor vom Lokomotivrad abgeschaltet. Dabei legen sich die Ringe i und l gegen die Nase u des Keiles o. Das Kugellager s hat demnach nur einen Druck auszuüben beim Leerlauf der Lokomotive, um die Zentrifugalkräfte der Hebel auszugleichen, und beim Anfahren, um die Reibungskräfte zu erzeugen, während bei der gewöhnlichen Arbeitsübertragung die Kupplung selbsttätig wirkt. Die Übertragung erfolgt mit dem um 90° zu einander versetzten Kurbeln gleichmäfsig zu beiden Seiten an die Lokomotivräder, so dafs das Reibungsgewicht der Lokomotive gewöhnlich mit nahezu $^1/_4$ ausgenutzt werden kann. Die Kupplung läfst 2 mm Abnützung der Reibbeläge zu, bis der Ring n nachzustellen ist.

Bei den dargestellten Bauverhältnissen der Kupplung ergibt sich für die Lokomotive, Textabb. 1, mit 60 t Reibungsgewicht, die Reibungsziffer von 0,25 zwischen Rad und Schiene, und von 0,2 zwischen Reibring und Kuppelscheibe, der Flächendruck zwischen letzteren zu 3 kg/cm². Die Kupplung nimmt das vom Motor für eine mittlere Zugkraft von 12000 kg gebotene Drehmoment bereits beim Anfahren in allen Kurbelstellungen auf, da die Drehkraft der um 135° zu einander versetzten Kurbeln des vierzylindrigen V-Motors mit 90° Zylinderneigung während einer Umdrehung sich verhältnismäfsig nur wenig ändert und die Schwungmomente der Motorwelle mit den daran befestigten Kupplungshälften einen Ungleichförmigkeitsgrad von $\delta = {}^1/_6$ erreichen lassen. Die beim Anfahren von der rutschenden Kupplung aufzunehmende Leistung beträgt 200 PS/Std., wenn die kleinste Drehzahl des

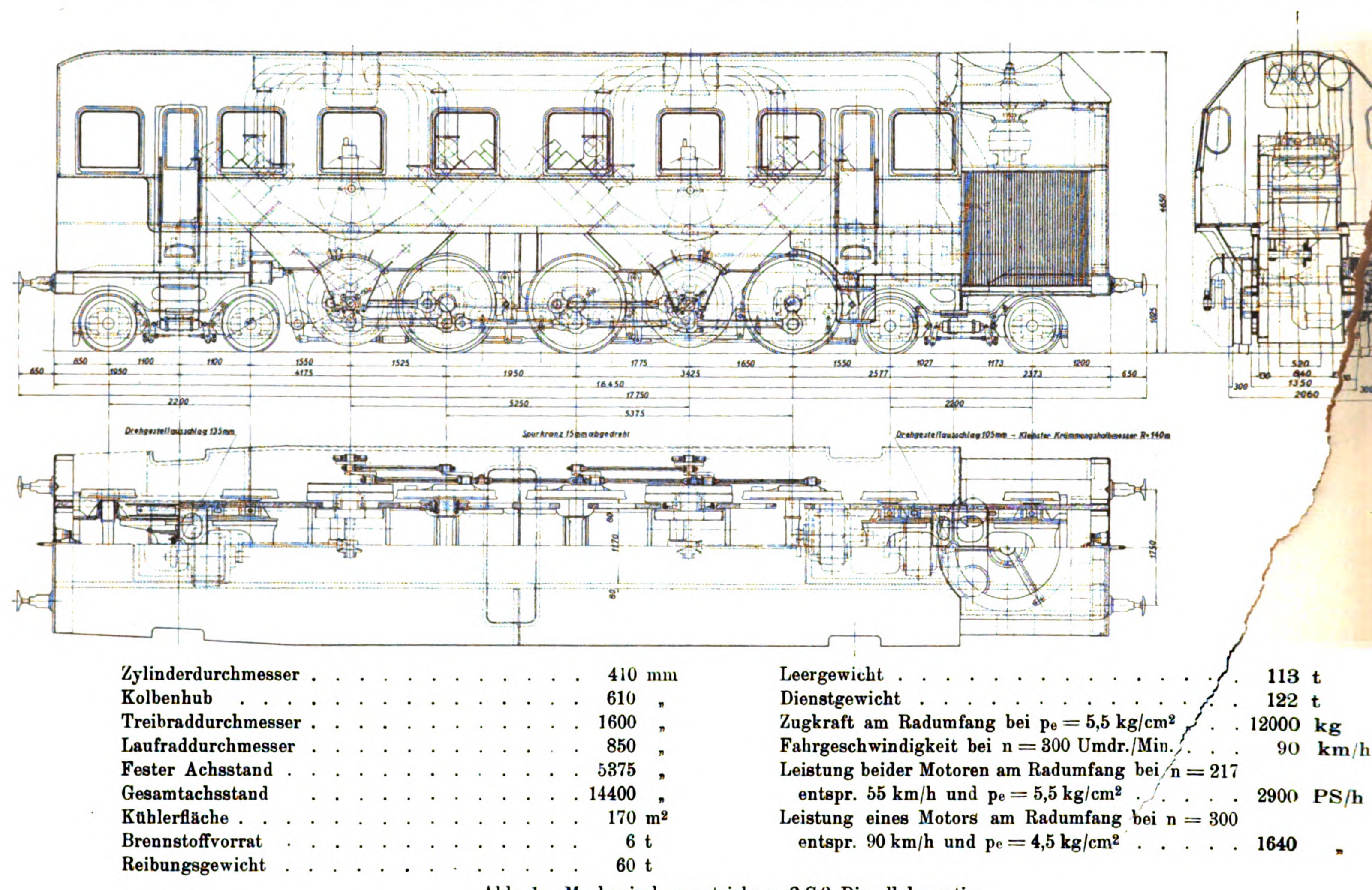
*) Patente angemeldet.



Motors, bei der die Zündung noch sicher erfolgt, mit 60 in der Minute angenommen wird. Das Anfahren eines 600 t-Wagenzuges auf der Wagerechten bis zu 60 Umdrehungen in der Minute dauert annähernd 40 Sekunden und erwärmt die eine Kupplungshälfte, wenn angenommen wird, die Reibungswärme verteile sich nur auf die mitzunehmenden Ringe, Scheibe und Kurbel im Gewicht von 900 kg, um 7°. Diesem Wärmeverlust entspricht ein Brennstoffverbrauch von annähernd 2 kg, der für den Wärmewirkungsgrad der Lokomotive belanglos ist.

Die Zünddrehzahl für das Anfahren läſst sich auf die Hälfte und weiter durch Vorwärmen des Motors erniedrigen, indem das Kühlwasser im Motor bei Überdruck auf etwa 120° erwärmt, umgewälzt und dann nach dem Anlassen des Motors erst allmählich nach dem Kühler umgeleitet wird. Auch läſst im Verhältnis 1 : 2 ändern, so ändert sich die Leistung der Lokomotive, wenn sich die Hälfte der Motoren aus dem Trieb durch Kupplungen ausschalten lassen, im Verhältnis 1 : 4. Im Gefälle und besonders bei groſser Geschwindigkeit kann die Brennstoffzufuhr an 2 Zylindern, ohne die Gleichmäſsigkeit des Drehmomentes wesentlich zu beeinträchtigen, gestoppt werden, so daſs die Leistung im Verhältnis 1 : 8 geregelt wird.

Bei der in Esslingen gebauten russischen 1 E 1-Dieselelektrischen Lokomotive*) verhalten sich, ebenfalls bei einer bestimmten Geschwindigkeit der Lokomotive, die Grenzleistungen wie 1 : 4. Die elektrische Übertragung nützt also das vom Motor gegebene Verhältnis der Grenzleistungen aus den mittleren Zylinderdrücken von 4 und 10 at und aus der Drehzahl von 2 und 7 1/2 infolge der Unwirtschaftlichkeit bei kleinen Drehzahlen



Zylinderdurchmesser	410 mm
Kolbenhub	610 „
Treibraddurchmesser	1600 „
Laufraddurchmesser	850 „
Fester Achsstand	5375 „
Gesamtachsstand	14400 „
Kühlerfläche	170 m²
Brennstoffvorrat	6 t
Reibungsgewicht	60 t

Leergewicht	113 t
Dienstgewicht	122 t
Zugkraft am Radumfang bei $p_e = 5{,}5$ kg/cm²	12000 kg
Fahrgeschwindigkeit bei n = 300 Umdr./Min.	90 km/h
Leistung beider Motoren am Radumfang bei n = 217 entspr. 55 km/h und $p_e = 5{,}5$ kg/cm²	2900 PS/h
Leistung eines Motors am Radumfang bei n = 300 entspr. 90 km/h und $p_e = 4{,}5$ kg/cm²	1640 „

Abb. 1. Mechanisch angetriebene 2 C 2 Diesellokomotive.

sich die Zeit fürs Anfahren noch durch einen höheren Zylinderdruck wesentlich verringern. Der für den doppelt wirkenden Zweitaktmotor nach Textabb. 1 angenommene mittlere effektive Druck von 5,5 kg/cm² kann auch bei Anwendung des MAN-Spülverfahrens durch Auspuffdrosselung erhöht und die Zugkraft auf etwa 15 000 kg gesteigert werden.

Die Anordnung der Motoren beeinträchtigt den Lauf der Lokomotive nicht, da die übrigbleibenden, nicht ausgeglichenen Massenkräfte nur eine Zuckbewegung von etwa 0,7 mm und eine ebenso nicht nennenswerte Drehbewegung der Lokomotive verursacht.

Zur Beurteilung der Anpassungsfähigkeit dieser Diesellokomotive sei angenommen, der mittlere Zylinderdruck der Motoren lasse sich mit der Brennstoffzufuhr wirtschaftlich nur und der Leistungsbegrenzung durch die Erregung nur zum kleinen Teil aus.

Bei der Dampflokomotive verhalten sich die mittleren Zylinderdrücke bei der gröſsten, vom Reibungsgewicht gegebenen Füllung und der kleinsten noch wirtschaftlichen Füllung annähernd wie 1 : 2,6, so daſs die Grenzleistungen bei Reglerdrosselung und einer bestimmten mittleren Fahrgeschwindigkeit sich nahezu wie 1 : 4 verhalten.

Um die Wirtschaftlichkeit der Diesellokomotive nachweisen und der anderer Lokomotiven unter gleichen Betriebs-

*) Die Diesel-elektrische Lokomotive von Prof. G. Lomonossoff. V. D. I. Verlag 1924.

verhältnissen gegenüberstellen zu können, sind die Bahndiagramme von einer
2 C 1 Heifsdampflokomotive,
2 C 2 Diesel-elektrischen Lokomotive,
2 B-B 2 elektrischen Lokomotive und der
2 C 2 mechanisch angetriebenen Diesellokomotive,
je mit einem Zuggewicht von 300 und 600 t auf der 94 km langen Hügellandstrecke Stuttgart-Ulm in den Abb. 3 u. 4, Taf. 6, Abb. 6 u. 7, Taf. 7, Abb. 4 u. 5, Taf. 8, Abb. 5 u. 6, Taf. 9 veranschaulicht worden.

Unter den gleichen Annahmen für alle Lokomotiven, der Höchstleistung bis zur gröfsten Geschwindigkeit von 90 km/Std., auf der Steigung mit 25 ⁰/₀, bis 60 km/Std., der Bremsung mit 0,3 m/sek.² gleichbleibender Verzögerung, zweimaliger Fahrtunterbrechung auf der Wagerechten, einmaliger auf der Steigung 10 ⁰/₀₀ und der Vernachlässigung des Krümmungswiderstandes, können die Gewichte, Leistungen und Wirkungsgrade der verschiedenen Lokomotiven unmittelbar mit einander verglichen werden.

Als Schublokomotive für die Steigung 25 ⁰/₀₀ ist die 1 E 1 Tenderlokomotive T 20 angenommen und ihre Leistung und ihr Verbrauch bei der Brenngeschwindigkeit von 450 kg/m²/Std. nach Igel*) ermittelt worden.

Der Laufwiderstand der Wagen ist nach der Strahlschen Formel $W = 2,5 + 0,03 \left(\frac{V}{10}\right)^2$ bestimmt worden.

Die Hauptverhältnisse der Lokomotiven sind in nachstehender Übersicht wiedergegeben.

Übersicht

über die Hauptabmessungen der betrachteten Lokomotiven.

		2 C 1 Heifsdampf-lokomotive	1 E 1 Tenderlokomotive	Diesel-elektrische 2 C 2 Lokomotive	elektrische 2 B-B 2 Lokomotive	mechanisch angetr. 2 C 2 Diesellokomotive	mechanisch angetr. 2 C 2 Diesellokomotive mit Abwärmeverwertung
Zylinderdurchmesser	mm	580	700	390	—	410	410
Kolbenhub	„	660	660	420	—	600	600
Treibraddurchmesser	„	1600	1400	1400	1400	1600	1600
Dampfdruck	at	14	14	—	—	—	—
Rostfläche	m²	4,5	4,36	—	—	—	—
Heizfläche der Feuerbüchse	„	17	17	—	—	—	—
„ „ Rohre	„	221	183	—	—	—	—
Gesamte Heizfläche	„	238	200	—	—	—	—
Heizfläche der Überhitzer	„	100	62,5	—	—	—	—
Gröfste Umdrehungszahl	min.	300	230	450	—	300	300
Gröfste Leistung	PS	—	—	1940	—	2900	3200
Dauerleistung	„	—	—	—	2000	—	—
Übersetzungsverhältnis		—	—	—	1 : 2,866	—	—
Gröfste Geschwindigkeit	km/Std.	90	60	90	90	90	90
Reibungsgewicht etwa	t	60	87,5	60	78,6	60	60
Dienstgewicht etwa	„	108	117,5	126	126	122	130
Wasservorrat	m³	30	12	—	—	—	—
Kohlenvorrat	t	10	4	—	—	—	—

Dampflokomotive.

Für die Dampflokomotive, die der typisierten 2 C 1 Heifsdampf-Zwillingslokomotive der deutschen Reichsbahn bis auf den Treibraddurchmesser, der nur 1600 mm mifst, entspricht, ist die Leistungsfähigkeit nach den Angaben von Strahl*) bestimmt und in Abb. 1, Taf. 6 dargestellt worden. Über den Lokomotivleistungen als Abszissen sind die aus den Maschinenverhältnissen für 330⁰ Dampftemperatur errechneten Dampfmengen Q, ebenso wie die aus den Kesselverhältnissen errechneten Dampfmengen $Q'_{ind.}$ als Kurven gleicher Drehzahl aufgetragen. $Q'_{ind.}$ ist mit der aus Q von bestimmter Füllung und Drehzahl bzw. Blasrohrwirkung abgeleiteten Verdampfungsziffer, bei einer Kohle von 6700 WE kg und der Speisewassertemperatur von 100⁰, und mit der Brenngeschwindigkeit B = 100—600 kg/m²/h ermittelt worden. Die Schnittpunkte von Q und $Q'_{ind.}$, Abb. 1, Taf. 6, in denen Dampfverbrauch und Dampferzeugung bei einer bestimmten Drehzahl und Brenngeschwindigkeit gleich sind, ergeben die Leistungen und damit die Zugkraftkurven gleicher Brenngeschwindigkeit über der Fahrgeschwindigkeit, Abb. 2, Taf. 6. Die gröfste Zugkraft beträgt bei der Ausnützung des Reibungsgewichtes von 60 t mit 200 kg/t = 12000 kg.

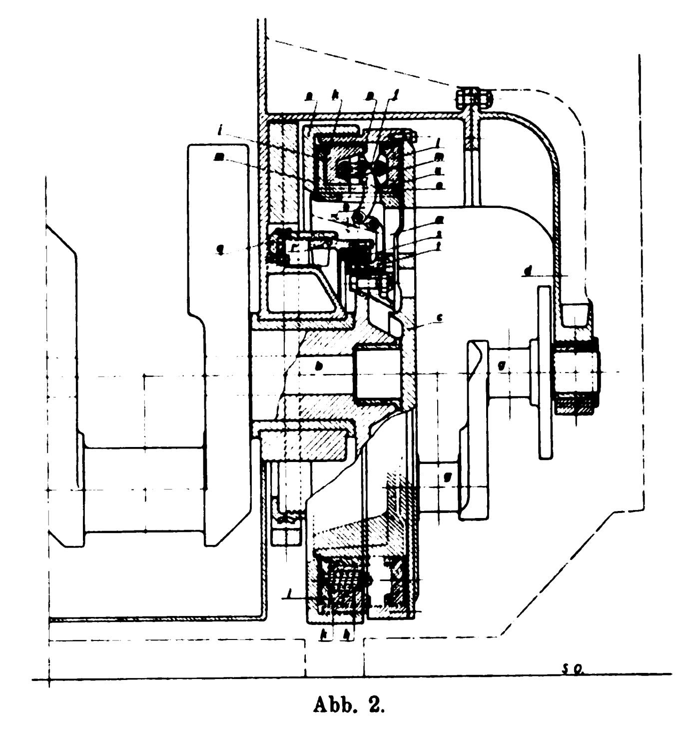


Abb. 2.

In der Zugkraftcharakteristik, Abb. 2, Taf. 6, sind die Laufwiderstände der Züge auf der Wagerechten, sowie die Schubkraft der Schublokomotive über der Fahrgeschwindigkeit eingetragen. Der Widerstand der leerlaufenden Lokomotive ist dabei ebenfalls nach Strahl mit

$$2,5 \cdot 116 + 7,3 \cdot 60 \quad + 0,006 \cdot 10\,(V + 12)^2 \text{ bzw.}$$
$$2,5 \cdot 30 \quad + 9,3 \cdot 87,5 + 0,006 \cdot 10\,(V + 12)^2$$

eingeführt, während der Zusatzwiderstand der arbeitenden Lokomotive in der Maschinen- und Kesselleistung berücksichtigt ist.

Aus der Zugkraftcharakteristik läfst sich nach Schwaiger**) das Bahndiagramm, wie Abb. 3, Taf. 6 für einen 300 t und Abb. 4, Taf. 6 für einen 600 t Wagenzug zeigt, aufstellen. Über der Fahrstrecke als Parallele zur Ordinatenachse ist die dem Lauf- und Beschleunigungswiderstand entsprechende Zugkraft aufgetragen und zugleich über der Fahrzeit als Abszisse, die von der Zugkraft abhängige Fahrgeschwindigkeit. Der Beschleunigungswiderstand enthält einen Zuschlag von 10⁰/₀

*) Handbuch der Dampflokomotive von Prof. Dr. Igel. 1923.

*) Der Einflufs der Steuerung auf Leistung, Dampf- und Kohlenverbrauch der Heifsdampflokomotive von G. Strahl, 1924.

**) Elektromotorische Betriebe von Prof. Schwaiger. Sammlung Göschen 1922.

für die umlaufenden Massen der Lokomotive. Aus der Zugkraft ergibt sich mit Hilfe der Zugkraftcharakteristik, Abb. 2, Taf. 6, die über der Fahrzeit angetragene Brenngeschwindigkeit. Der Wärmeverbrauch für die ganze Fahrzeit folgt dann als Summe der Produkte aus Brenngeschwindigkeit, Fahrzeit, Rostfläche und Kohlenheizwert, und die geleistete Lokomotivarbeit für die ganze Fahrstrecke als Summe der Produkte aus Zugkraft und Fahrstrecke, woraus sich der Wärmewirkungsgrad ergibt für den

300 t Wagenzug mit 8,1 %
und für den 600 t » » 7,45 %

Bei Berücksichtigung des Kohlenverbrauches für Anheizen und Entschlacken mit 220 kg, bezogen auf die 94 km lange Strecke, ergibt sich der Wärmewirkungsgrad für den

$$300 \text{ t Wagenzug } \frac{8,1 \;.\; 389,7 \;.\; 4,5}{389,7 \;.\; 4,5 + 220} = \mathbf{7,2\%}$$

$$\text{und für den } 600 \text{ t } \gg \frac{7,45 \;.\; 599,5 \;.\; 4,5}{599,5 \;.\; 4,5 + 220} = \mathbf{6,9\%}.$$

Der in den beiden Bahndiagrammen dargestellte schroffe Wechsel der Zugkraft und Brenngeschwindigkeit bei Steigungswechsel und nicht voll ausgelasteter Lokomotive entspricht nicht der Wirklichkeit, in der schwankende Fahrgeschwindigkeit, Rostbeschickung und Kesselwasserstandshöhe mildernd oder ausgleichend wirken, doch wird dadurch das Endergebnis nicht nennenswert beeinträchtigt. Da die für die verschiedenen Fahrgeschwindigkeiten und Belastungen in den einzelnen Streckenabschnitten eingeführten Wirkungsgrade von Maschine und Kessel nach der Strahlschen Berechnungsweise aus dem Lokomotivbetriebe abgeleitet worden sind, stimmt auch der ermittelte Wärmewirkungsgrad mit dem Lokomotivbetriebe überein.

Diesel-elektrische Lokomotive.

Ebenso sind für die Diesel-elektrische 2 C 2 Lokomotive zur Bestimmung der Leistung und Wärmeausnützung Betriebsergebnisse zugrunde gelegt. Aus den Ergebnissen der Versuche der russischen Diesel-elektrischen 1 E 1 Lokomotive auf dem Prüfstand in Efslingen*) lassen sich bei der gleichen Motorcharakteristik, jedoch entsprechend verstärkten Motoren und geänderter Zahnradübersetzung ableiten: nach Abb. 1, Taf. 7 die Leistungen bei vorteilhaftester Brennstoffüllung in Abhängigkeit von der Fahrgeschwindigkeit und Drehzahl des Dieselmotors, nach Abb. 2, Taf. 7 die den Leistungen entsprechenden Wirkungsgrade der Lokomotive in Abhängigkeit von der Fahrgeschwindigkeit und Drehzahl, nach Abb. 3, Taf. 7 der Verbrauch an Brennstoff von 10000 WE/kg aus den Abb. 1 u. 2, Taf. 7 mit Hilfe der Formel B = 0,0632 Ne in Abhängigkeit von der Fahrgeschwindigkeit und Drehzahl, nach Abb. 4, Taf. 7 die Zugkraft — rechnerisch aus Abb. 1, Taf. 7 ermittelt — in Abhängigkeit von dem Brennstoffverbrauch und der Fahrgeschwindigkeit, und nach Abb. 5, Taf. 7 die Zugkraft über der Fahrgeschwindigkeit als Kurven gleichen Brennstoffverbrauches.

In dieser Zugkraftcharakteristik, Abb. 5, Taf. 7, sind die Laufwiderstände der Züge auf der Wagerechten, abzüglich des in der Motorleistung enthaltenen Widerstandes der Treibachsen, sowie die Schubkraft der Schublokomotive in Abhängigkeit von der Fahrgeschwindigkeit eingetragen. Daraus ergibt sich das Bahndiagramm, Abb. 6 u. 7, Taf. 7, wie für die Dampflokomotive entwickelt, mit dem Wärmewirkungsgrad für den

300 t Wagenzug mit **21,2 %**
und den 600 t » » **20,5 %**

Elektrische Lokomotive.

Für die elektrische 2 B-B 2 Lokomotive mit zwei Doppelmotoren von je 2.500 PS Dauerleistung sind aus Prüfstandsergebnissen von dem BBC-Einphasen-Wechselstrommotor, Type ELM 86/12*) die Zugkraft- und Wirkungsgradkurven der Abb. 1 bis 3, Taf. 8 entwickelt.

Wird der zusätzliche Leistungsverbrauch des Getriebes, der Blindwellen, Kuppelachsen und Zahnradübersetzung beim Arbeiten unter Last mit 5 % der Motorleistung, das Übersetzungsverhältnis der Umlaufszahl des Motors zum Treibrad mit 2,866 : 1, und der Treibradhalbmesser mit 0,7 m angenommen, so folgt aus dem Drehmoment M eines Motors die Zugkraft

$$Ze = \frac{0,95 \;.\; 2,866 \;.\; 4 \; M}{0,700} = 15,6 \; M$$

und aus der Drehzahl n des Motors die Fahrgeschwindigkeit

$$V = \frac{n \;.\; 60 \;.\; 1,4 \;.\; \pi}{2,866 \;.\; 1000} = 0,0921 \; n,$$

so dafs sich aus der auf dem Prüfstand ermittelten Motorcharakteristik die Zugkräfte der Lokomotive, wie in Abb. 1, Taf. 8 dargestellt ist, als Kurven gleicher Spannung in Abhängigkeit von der Fahrgeschwindigkeit ergeben, und in der gleichen Abhängigkeit die Stromkurve. Die Zugkräfte sind durch das Reibungsgewicht der Lokomotive mit 78,6 t . 200 kg/t = 15720 kg und durch den Transformator begrenzt. Die Wirkungsgrade des Motors nach den Prüfstandversuchen sind nach Abb. 2, Taf. 8 als Kurven gleicher Drehmomente über der Spannung aufgetragen, hieraus sind nach Abb. 3, Taf. 8 die Wirkungsgrade von sämtlichen Spannungsstufen als Kurven gleicher Spannung in Abhängigkeit von der Fahrgeschwindigkeit abgeleitet.

Das Bahndiagramm, Abb. 4 u. 5, Taf. 8, enthält den Leerlaufwiderstand der Lokomotive auf der Wagerechten mit nur

3,2	kg für jede t Lokomotivgewicht bei	0 km/h	Geschwindigkeit
3,4	„ „ „ „ „ „	10 „	„
3,65	„ „ „ „ „ „	20 „	„
4,1	„ „ „ „ „ „	30 „	„
4,7	„ „ „ „ „ „	40 „	„
5,4	„ „ „ „ „ „	50 „	„
6,40	„ „ „ „ „ „	60 „	„
7,55	„ „ „ „ „ „	70 „	„
8,85	„ „ „ „ „ „	80 „	„
10,3	„ „ „ „ „ „	90 „	„

und zur Berechnung der Beschleunigung einen Zuschlag von 35 % des Lokomotivgewichtes für die umlaufenden Massen. Mit Hilfe der Zugkraftcharakteristik, Abb. 1, Taf. 8, und der Wirkungsgradkurven, Abb. 3, Taf. 8, läfst sich in das Bahndiagramm, Abb. 4 u. 5, Taf. 8, die Stromstärke und der Motorwirkungsgrad in Abhängigkeit von der Zugkraft und Fahrgeschwindigkeit eintragen. Aus der Stromstärke folgt die mit Hilfe von Prüfstandsergebnissen über der Fahrzeit aufgetragene Motorübertemperatur, und aus den Wirkungsgraden des Motors während der Zeit t' für die einzelnen Streckenabschnitte der mittlere Wirkungsgrad des Motors $\eta^1 = \frac{\Sigma(\eta^0 \;.\; t')}{\Sigma t'}$ = 85,4 % für den Zug mit 300 t sowohl, wie für den mit 600 t Gewicht. Wird der Kohlenheizwert im Kraftwerk nach Landsberg**) mit = 13,9 % in elektrische Kraft umgewandelt, der Wirkungsgrad der Kraftübertragung von der Sammelschiene im Kraftwerk bis zum Stromabnehmer der Lokomotive mit = 94 % angenommen, so beträgt der Wärmewirkungsgrad der elektrischen Lokomotive $\eta = 0,854 \;.\; 13,9 \;.\; 0,75 \;.\; 0,94 = 8,4\%$.

Mechanisch angetriebene Diesellokomotive.

Für die 2 C 2 Diesellokomotive ist gleichfalls die Charakteristik des Motors der russischen 1 E 1 Diesel-elektrischen Lokomotive zugrunde gelegt, mit dem Unterschied, dafs die Normalleistung des Motors bei 300 Umdrehungen in der

*) Die Diesel-elektrische Lokomotive von Prof. G. Lomonossoff. V. D. I. Verlag. 1924.

*) BBC-Mitteilungen 1922, S. 8, 12 und 199.

**) Z. d. V. d. I. 1920 S. 518: Kraft- u. Wärmewirtschaft im Eisenbahnwesen.

Minute erreicht wird und die Drehzahlen des Motors in der Sekunde

	von	1,43	2,14	2,86	3,57	4,29	5,0	5,35
denen des Motors der 1 E 1 Lokomotive	von	2	3	4	5	6	7	$7^1/_2$

entsprechen.

Aus der Motorcharakteristik läfst sich für den entsprechend stärker gewählten Motor die Zugkraft in Abhängigkeit von seiner Brenngeschwindigkeit und Drehzahl bzw. Fahrgeschwindigkeit nach Abb. 1, Taf. 9 ableiten und daraus die Zugkraft über der Fahrgeschwindigkeit in Form von Kurven gleicher Brenngeschwindigkeit nach Abb. 2, Taf. 9 für einen und zwei Motoren auftragen. Die gröfste Zugkraft ist durch den effektiven Zylinderdruck von annähernd 5,5 at, entsprechend der Ausnutzung des Reibungsgewichtes der Lokomotive mit 200 kg/t = 12000 kg begrenzt. Dabei ist die Ventilatorleistung für die Kühl- sowie Spülluft mit 9 % und der zusätzliche Widerstand der doppelt gekuppelten Lokomotivtreibachsen beim Arbeiten unter Last mit 1 % der Gesamtleistung berücksichtigt und der Widerstand der leerlaufenden Lokomotive nach der Strahlschen Formel mit $2{,}5 \cdot 66 + 7{,}3 \cdot 60 + 0{,}006 \cdot 10\,(V + 12)^2$ voll eingesetzt worden.

Aus der Zugkraftcharakteristik, Abb. 2, Taf. 9, ergibt sich das Bahndiagramm Abb. 5 u. 6, Taf. 9, wie für die Dampflokomotive entwickelt, mit dem Wärmewirkungsgrad für den

300 t Wagenzug mit **28,2 %**
und für den 600 t » » **28,5 %**

Für die gleiche Diesellokomotive mit Abwärmeverwertung, unter der Annahme, dafs die Abgase mit rund $^1/_3$ der Brennstoffwärme und einer Temperatur, wie sie der Viertaktmotor liefert, bis auf 180° C zur Dampferzeugung ausgenutzt werden und der Dampf von nur 12 at und 320° C bei 100° Speisewassertemperatur in einer Maschine mit 7 kg/PS-Std. Dampfverbrauch verwertet wird, ergibt sich mit den Zugkräften der Abb. 3 u. 4, Taf. 9, dem Vorstehenden entsprechend abgeleitet, im Bahndiagramm derselben Strecke der Wärmewirkungsgrad für den

300 t Wagenzug mit **31,9 %**
und den 600 t » » **32 %**.

Die Abwärmeverwertung hat aufserdem den Vorteil, dafs das im Bahnbetrieb lästige Auspuffgeräusch des Dieselmotors nahezu beseitigt wird, ohne wesentliche Erhöhung des Gegendruckes im Dieselmotor.

Bei der Gegenüberstellung der Gewichte der verschiedenen Lokomotiven und ihrer Leistungsverhältnisse auf der Strecke Stuttgart-Ulm in Übersicht 2 ist zu beachten, dafs die Dampflokomotive mit dem 600 t Wagenzug überlastet ist. Ebenso die Diesel-elektrische Lokomotive, die auch im Gewicht etwas

Übersicht 2.

	Wagengewicht t	Wärmewirkung %	Fahrzeit Min.	Lokomotivgewicht t	Leistung bei Bergfahrt PS/h	Leistung PS/h auf 1 t Lok.-Gewicht
Dampf-	300	7,2	74,3	160	1220	7,6
Lokomotive . .	600	6,9	92,0	»	1390	8,7
Diesel-elektrische	300	21,2	74,2	126	1010	8,0
Lokomotive . .	600	20,5	91,8	»	1230	9,8
Elektrische	300	8,4	72,9	126	1270	10,1
Lokomotive . .	600	8,4	80,4	»	1650	13,1
Mechan. angetr.	300	28,5	72,5	122	1260	10,4
Lokomotive . .	600	28,2	78,0	»	1740	14,3
Mech. angetr. Lok.	300	31,9	70,9	130	1360	10,5
mit Abwärmeverw.	600	32,0	75,1	»	1920	14,8

zu günstig dargestellt ist. Bei der elektrischen Lokomotive ist der Leerlaufwiderstand von Lokomotiven mit Parallelkurbelantrieb, ohne Zahnräder und Seitenwind, also gegenüber den anderen Lokomotiven zu niedrig eingesetzt, wodurch die Fahrzeit zu kurz angegeben ist.

Zur Untersuchung der Wirtschaftlichkeit der Lokomotiven ergeben sich bei den derzeitigen Anschaffungs-, Verbrauchs- und Unterhaltungskosten die Betriebs- und Gestehungskosten auf die Nutzlasteinheit bezogen, für eine neuzeitliche

Dampflokomotive

bei 500 Tages-km und 300 Betriebstagen jährlich,

mit einem Wagenzug von . . .	300 t	600 t
Verzinsung des Anschaffungswertes 200 000 ℳ zu 6 %	12 000 ℳ	12 000 ℳ
Tilgung des Anschaffungswertes 200 000 ℳ zu 4 %	8 000 »	8 000 »
Doppelbesatzung, je Führer und Heizer, monatlich 500 ℳ bei 54 Wochenstunden	10 000 »	10 000 »
Kohlen (19,53 + 12,20 ℳ/t) $(1{,}75 + 1{,}17 + 0{,}44)\frac{500 \cdot 300}{188}$ . . .	85 200 »	—
Kohlen (19,53 + 12,20 ℳ/t) $(2{,}70 + 1{,}79 + 0{,}44)\frac{500 \cdot 300}{188}$ . . .	—	125 200 »
Wasser 0,16 ℳ/t $\frac{2470 \cdot 0{,}01 \cdot 150\,000}{188}$	3 150 »	—
» 0,16 ℳ/t $\frac{3560 \cdot 0{,}01 \cdot 150\,000}{188}$	—	4 550 »
Öl für Zylinder (0,56 + 0,04 ℳ/kg) $1/6 \cdot 0{,}022 \cdot 150\,000$	330 »	330 »
Öl für Triebwerk (0,243 + 0,04 ℳ/kg) $5/6 \cdot 0{,}022 \cdot 150\,000$	780 »	780 »
Unterhaltung 260 M/1000 km . 150 .	39 000 »	39 000 »
	158 460 ℳ	199 860 ℳ
Gestehungskosten von 1000 tkm Nutzlast	3,52 ℳ	2,22 ℳ

Für die mechanisch angetriebene Diesellokomotive ohne Abwärmeverwertung, bei 900 Tages-km und 330 Betriebstagen jährlich,

mit einem Wagenzug von . . .	300 t	600 t
Verzinsung des Anschaffungswertes 530 000 ℳ zu 6 %	31 800 ℳ	31 800 ℳ
Tilgung des Anschaffungswertes 530 000 ℳ zu 6 %	31 800 »	31 800 »
Doppelbesatzung, je Führer und Maschinist, monatlich 500 ℳ bei 54 Wochenstunden	11 000 »	11 000 »
Brennstoff (0,1095 + 0,0138 ℳ/kg) $\frac{(340{,}3 + 229{,}3)\ 297\,000}{188}$ . . .	111 000 »	—
Brennstoff (0,1095 + 0,0138 ℳ/kg) $\frac{(508{,}2 + 340)\ 297\,000}{188}$	—	165 000 »
Schmieröl für Diesel (0,53 + + 0,04 ℳ/kg) $\frac{2465 \cdot 0{,}002 \cdot 297\,000}{188}$	4 420 »	—
Schmieröl für Diesel (0,530 + + 0,041 ℳ/kg) $\frac{3650 \cdot 0{,}002 \cdot 297\,000}{188}$	—	6 570 »
Schmieröl für Laufwerk (0,243 + + 0,041 ℳ/kg) $0{,}017 \cdot 297\,000$ . .	1 430 »	1 430 »
Unterhaltung 260 ℳ/1000 km . 297	77 000 »	77 000 »
	268 450 ℳ	324 600 ℳ
Gestehungskosten von 1000 tkm . .	3,01 ℳ	1,82 ℳ

Auch hier ist zu bemerken, dafs die Dampflokomotive mit dem 600 t Wagenzug überlastet ist, da die Leistungsfähigkeit eines Heizers den Kohlenbedarf von 2700 kg in $1^1/_2$ Stunden oder 1760 kg/Std. nicht mehr zu decken vermag.

Aus dem Vergleich der Betriebskosten der beiden Lokomotiven geht hervor, dafs die Diesellokomotive die Nutzlast um 15 bis 19 % billiger befördert und ferner, dafs die Diesellokomotive mit nahezu der doppelten Jahresleistung der Dampflokomotive den Brennstoff annähernd 2,8 mal und mit der gleichen Jahresleistung annähernd 4 mal besser ausnützen mufs, als die Dampflokomotive, um deren Betriebskosten nicht zu überschreiten.

Hierbei ist zu berücksichtigen, dafs einer hochentwickelten Dampflokomotive eine Diesellokomotive gegenübergestellt ist, die sowohl in der Fertigung als auch im Wirkungsgrad noch grofse Entwicklungsmöglichkeiten bietet.

Die Diesellokomotive weist ferner nicht nur die für die elektrische Lokomotive in Anspruch genommenen Vorteile auf, sondern bietet noch betriebliche Vorteile hinsichtlich gröfster Leistungsfähigkeit, kürzester Fahrzeit, unbeschränkter Fahrgeschwindigkeit bei Leerfahrt, hinsichtlich steter Betriebsbereitschaft, sowie auch wirtschaftliche Vorteile in geringerem Anschaffungswert gegenüber der elektrischen Lokomotive, in gröfster Ausnützung des Lokomotivgewichtes, besserer Ausnützung von Bahnanlagen und geringstem Bedarf ausländischen Kupfers. Berücksichtigt man alle diese Umstände, so ist die Schlufsfolgerung berechtigt, dafs — auch bei ungünstigem Preisverhältnis der Brennstoffe, das für Deutschland durch die mittel- oder unmittelbare Umsetzung von Kohle in Öl nahezu festliegt — die Diesellokomotive imstande ist, die Dampf- und elektrische Lokomotive mit Erfolg zu ersetzen.

Für die Mitarbeit danke ich Herrn Diplomingenieur Neu noch an dieser Stelle.

Erfahrungen mit in Heifsdampflokomotiven umgebauten Nafsdampflokomotiven.

Von **M. Widdecke**, Oberingenieur, Semarang (Java).

Auf dem im Jahre 1922 in Rom abgehaltenen Internationalen Eisenbahn-Kongrefs*) wurde bei der Behandlung der »Wirtschaftlichen Erzeugung und Anwendung des Dampfes in Lokomotiven«**) u. a. auch lebhaft die Frage des Umbaues von Nafsdampf- in Heifsdampflokomotiven erörtert.

Über die wirtschaftlichen Vorteile des Heifsdampfes waren sich alle einig***), über Einzelheiten der Ausführung waren dagegen noch sich stark widersprechende Ansichten zu hören.

Einer der Vertreter, ein Portugiese, brachte denn auch — bei der Besprechung über die Möglichkeit der Verwendung von Flachschiebern bei Heifsdampf — deutlich zur Sprache, dafs sich so stark widersprechende Meinungen es besonders kleineren Gesellschaften erschweren, Umbauten dieser Art zu wagen.

Es scheint mir darum von Wert zu sein, Erfahrungen mit solchen Umbauten mitzuteilen und bewährte Bauarten und Winke bekannt zu geben, wie sie der Leiter der Zugförderung und des Werkstättenwesens eines Eisenbahnunternehmens braucht, um so gut wie jede Gefahr eines Mifserfolges auszuschliefsen.

Sehr grofs ist noch die Zahl der Nafsdampflokomotiven, bei denen ein Umbau in Heifsdampflokomotiven von grofsem Vorteil sein kann.

Ist die zur Bewältigung des Verkehrs benötigte Zugkraft zu klein geworden, so kann durch den Umbau die Beschaffung neuer Lokomotiven vermieden werden, weil stets eine Erhöhung der Leistung des Kessels und der Maschine um etwa 10 bis 20 % erreicht werden kann. Ungefähr ebensoviel beträgt die Ersparnis an Brennstoff.

Oft ist damit die Möglichkeit gepaart, schwerere Züge, oder weniger Züge zu fahren, an Mannschaften zu sparen, eine Vermehrung der Stände und der Belegschaft in Heizhäusern und Werkstätten zu umgehen, Vorteile, die gelegentlich selbst noch gröfser sein können als die unmittelbare Ersparnis an Betriebskosten nach dem Umbau.

Dagegen wird das Reibungsgewicht durch den Umbau nur wenig erhöht. Lag es daher schon bei Nafsdampf bei der gröfsten Zugkraft in der Nähe der Schleudergrenze, so liegt der Vorteil des Umbaues mehr in der Brennstoffersparnis, bei nicht wesentlich schwereren Zügen als bei Nafsdampfbetrieb.

*) Siehe Bulletin de l'Association Internationale du Congrès des Chemins de Fer. Vol. V. Nr. 3 Mars 1923, pag. 238—266. 2e Section: Traction et Matériel.

**) Question V. Production et Utilisation de la Vapeur des Locomotives.

***) Vertreten waren in dieser Abteilung Abgesandte von Eisenbahngesellschaften aus: England, Frankreich, Holland, Italien, Portugal, Schweiz, Tschechoslowakei und den Vereinigten Staaten.

Unter der Voraussetzung, dafs Brücken und Oberbau etwas höhere Achsdrücke zulassen, kann durch gleichzeitigen Umbau z. B. von 2 C in 1 C oder 1 D in D-Type vielfach ohne hohe Kosten, auch der Vorteil gesteigerter Zugkraft voll zu seinem Rechte kommen.

Ist das Reibungsgewicht für die um 10 bis 20 % gesteigerte Zugkraft genügend, war dagegen der Kessel an seiner Höchstleistung — war also die Lokomotive »underboilered«, wie die Amerikaner es nennen — dann ist der Umbau in Heifsdampf ein wahrer Verjüngungsprozefs. Die wirtschaftlichen und betrieblichen Vorteile werden dann am gröfsten.

Eine weitere Möglichkeit die Dampferzeugung des Kessels zu steigern, würde sich durch Verwendung der Nicholson-Feuerbüchswasserkammern ergeben, deren Einbau gelegentlich des Feuerbüchswechsels besonders einfach wäre. Doch habe ich über diesen Punkt bisher keine eigene Erfahrungen.

Die Umwandlung von Nafs- in Heifsdampf kann bei Beobachtung der nachstehend gegebenen Winke mit Geldbeträgen vorgenommen werden, deren Verzinsung und Abschreibung so klein werden, dafs sie gegen die Vorteile verschwinden.

Als zweckmäfsigster Zeitpunkt für den Umbau kommt allein eine bevorstehende Grofsausbesserung in Betracht, bei der Rohrwand oder Feuerbüchse ausgewechselt und allenfalls auch die Zylinder ausgebohrt werden müssen. Es ist dann, abgesehen vielleicht bei dem Umbau der ersten Lokomotive kaum ein Mehr an Zeit, die die Maschine in der Werkstatt bleiben mufs, nötig.

Eine Zusammenstellung der Arbeiten und Werkstoffe, die den Umbau kennzeichnen, wird das deutlich machen. Unterteilt man die Arbeiten in solche, welche bei der gewöhnlichen Ausbesserung nötig wären (A) und in die, welche durch den Umbau hinzukommen (B), so ergibt sich die auf Seite 45 angegebene Übersicht.

Für mittelgrofse Lokomotiven ($\sim$ 500 PS) betragen die Kosten für diese nur einmal hinzukommenden Teile nicht mehr als etwa 25 bis 35 % der Kosten, die die Ausbesserung der Nafsdampflokomotive betragen hätte. Je gröfser die Lokomotive ist, je geringer werden diese anteiligen Kosten.

Um nun die Vorteile des Heifsdampfes voll auszunutzen, mufs hohe Überhitzung erreicht werden (350°); man mufs sich mit Rücksicht auf die flachen Schieber nicht etwa nur Dampftrocknung als Ziel setzen. Die Konstruktionen müssen derart sein, dafs sie ohne Schaden hohe Temperaturen zulassen.

Wahl der Überhitzerbauform. Die Ansichten, ob dem Grofs- oder Kleinrohrüberhitzer der Vorzug zu geben sei, liefen auf dem Kongrefs in Rom noch recht weit auseinander. Es wurde u. a. behauptet, der Grofsrohrüberhitzer hätte nicht

genügend hohe Temperatur gegeben, deswegen sei der Kleinrohrüberhitzer gewählt worden, wobei sich dann allerdings so hohe Temperaturen (400°) ergeben hätten, dafs man Mittel zur Verminderung hätte anwenden müssen. — Es wurde aber nicht genügend erwähnt, dafs man bei ersterem 600 bis 700 mm von der Rohrwand abgeblieben war, noch keine 25 % Überhitzerfläche gegeben hatte, ebendrein mit selbsttätiger Regelung arbeitete, dafs man dagegen beim Kleinrohrüberhitzer auf 300 mm an die Rohrwand herangegangen war, mehr als 50 % Überhitzerfläche gegeben und keine selbsttätige Regelung verwendet hatte. Natürlich war bei solchen Gegensätzen die Folge, besonders bei Lokomotiven in Diensten, in welchen der Regler oft geschlossen werden mufs, dafs beim Grofsrohrüberhitzer keine genügend hohe Temperatur erzielt wurde und dafs beim Kleinrohrüberhitzer die Rohrenden durchbrannten. Beide Fehler darf man nicht der Überhitzerbauart zuschreiben. Sie wären bei sachgemäfserer Anordnung nicht entstanden.

Übersicht über die Arbeiten, welche bei der gewöhnlichen Ausbesserung nötig wären (A) und solche, welche durch den Umbau hinzukommen (B).

	A	B
1. Rohrwand oder Feuerbüchse. . . (Bestand die Gewohnheit, auch bei Nafsdampf ungebohrte Feuerbüchsen zu bestellen, so können diese sogar ohne weiteres Verwendung finden.)	ja	—
2. Rauchkammerrohrwand	—	ja (bei Serverohren unnötig, da die bestehende Wand bei Gebrauch eines Kleinrohrüberhitzers ohne weiteres verwendbar bleibt).
3. Überhitzerendstücke und Rohre . (Etwaige Vorräte von schon in Betrieb befindlichen Heifsdampflokomotiven können beinahe restlos aufgebraucht werden, da gezeigt werden wird, wie das Durchbrennen solcher Enden verhindert werden kann, so dafs kaum mehr Ersatzvorräte nötig sein werden.	—	ja
4. Heizrohre	Werden bei Grofsrohrüberhitzer etwa zu 70% wieder gebraucht	—
5. Überhitzerkasten	—	ja
6. Schmierpumpe.	—	ja
7. Schieber	ja, nur aus besonderer Legierung.	—
8. Stopfbüchsen	Desgl.	—
9. Luftsaugeventile	—	ja, falls nicht von Nafsdampf vorhanden, die dann für Heifsdampf brauchbar gemacht werden
10. Dampfzuführungsrohre, eiserne, vom Überhitzerkasten zum Zylinder	—	ja, doch dafür werden die kupfernen an Materialwert gewonnen

Für den Betrieb ist in den meisten Fällen der Grofsrohrüberhitzer dem Kleinrohrüberhitzer vorzuziehen, besonders gilt dies auch für Umbauten von Nafsdampf in Heifsdampf. Denn:

Der Grofsrohrüberhitzer ist billiger, der Bedarf an neu zu beschaffenden Rohren und Umkehrenden ist geringer, die vorhandenen Heizrohre können zum guten Teile wieder Verwendung finden, Gefahr von Zusetzen ist geringer, Reinigung einfach und vor allem ist auch der Einbau einfacher. Dieser letzte Punkt ist für den Betrieb von besonderer Wichtigkeit, besonders wenn die Dichtung der Kleinrohrüberhitzerrohre gegen den Überhitzerkasten mit Linsen vorgenommen ist. Es ist dann sehr genaues Richten des Überhitzerbündels nach Lehren nötig, sonst entstehen Schwierigkeiten, das ganze Bündel in die Rohre zu bringen; oft geht das nur mit Zwängen, was dann zusammen mit Wärmespannungen Lecken der Linsen zur Folge hat. Zudem verlangen die vielen eisernen Linsen sehr genaues Aufschleifen und sie verschieben sich leicht bei dem Einbau. Lecken bedeutet aber: ungenügenden Unterdruck in der Rauchkammer und teure Abbauarbeiten im Heizhause, wobei dann die sonst sicheren Vorteile der Überhitzung leicht in Nachteile mit gröfserem Brennstoffverbrauch als bei Nafsdampf übergehen können. Es empfiehlt sich daher, in allen Fällen, wo Kleinrohrüberhitzer gewählt ist — z. B. bei Nafsdampflokomotiven, welche Serverohre hatten — statt der Dichtung mit Linsen Kupfer-Asbestringe zu verwenden. Diese sind etwas nachgiebig, und, wenn man etwa in der auf Abb. 1 angegebenen Weise, die den Umbau von Linsen- auf Ringdichtung angibt, dafür sorgt, dafs die Ringe sich nicht bei dem Einbau verschieben können, dann vermeidet man alle den Linsen anhängenden Nachteile.

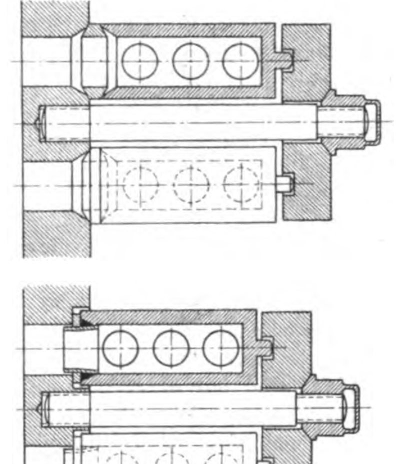


Abb. 1. Eiserne Linsen ersetzt durch etwas nachgiebige Dichtungsringe.

Bei sachgemäfser Verteilung der durch die Rauchrohre bzw. Heizrohre gehenden Abgase unter Berücksichtigung des freien Durchlasses und der bestrichenen Oberflächen wird die Überhitzung bei einem Verhältnis von etwa 26 bis 32 % bei Grofsrohrüberhitzer und etwa 36 bis 42 % bei Kleinrohrüberhitzer zwischen den Oberflächen der Überhitzerrohre zur Nafsdampfheizfläche angemessen sein. Mit den Überhitzerrohrenden gehe man

bei Holzfeuerung auf etwa	300 bis 400 mm	je nach dem
» Kohlenfeuerung	400 bis 550 »	Heizwerte
» Öl (Pakura, Masut)	500 bis 650 »	

an die Feuerbüchsrohrwand heran. Diese Abstände sind ungewöhnlich klein und mancher Betriebsleiter wird fürchten, dann noch mehr Unannehmlichkeiten und Kosten mit durchgebrannten Überhitzerrohrenden zu bekommen. Doch das Durchbrennen (Abschmoren) der Umkehrenden vermeidet man mit Sicherheit durch Aufschweifsen von kleinen Kappen aus hartem Gufseisen (etwa nach Abb. 2). So beschützte Enden halten sich bei Grofsrohrüberhitzer ohne Selbstregler und auch bei Kleinrohrüberhitzer gut, wo die gewöhnlichen Umkehrenden,

besonders jene aus Flufseisen (weniger die aus Stahlgufs) ab- und durchbrennen. Sollten selbst diese gufseisernen kleinen Kappen bei besonders beanspruchten Kesseln noch angegriffen werden, dann wähle man als Werkstoff eine der in den Handel gebrachten hochschmelzbaren Eisenlegierungen (Chromeisen, Nialit oder ähnliches), die selbst bei Temperaturen, wie sie dicht an der Rohrwand herrschen, nicht abschmoren.

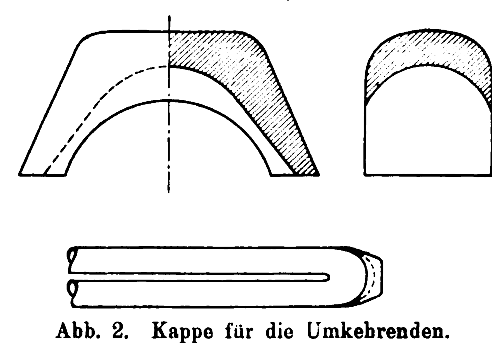


Abb. 2. Kappe für die Umkehrenden.

Die gegebenen Hinweise beseitigen gründlich die Klagen aus dem Betrieb über Undichtwerden in der Rauchkammer und Durchbrennen der Umkehrenden. Wird der Überhitzerkasten selbst von einer erstklassigen Fabrik bezogen, dann werden dem Betriebe aus diesen wichtigen Einzelteilen des Umbaues bei Überhitzung keinerlei Mehrarbeiten und keinerlei Mehrkosten gegenüber dem Nafsdampf erwachsen.

Schieber und Zylinder. Der Umbau steht und fällt mit dem Verhalten der Flachschieber im Heifsdampf. Durch zweckmäfsige Wahl von Werkstoff und Form des Schiebers, der Schmieranordnung und der Ölsorte wird es in so gut wie allen Fällen gelingen, Überhitzungen von 350° zu beherrschen. Und dies mit Schieberabnutzungen, die geringer sein werden als sie bei derselben Lokomotive mit Nafsdampf bei Rotgufsschiebern waren. Nur in dem Falle, dafs die Zylinder doch erneuert werden müfsten, wird man solche mit Rundschieber wählen — falls die Steuerungsanordnung dies ohne weiteres zuläfst. Sind mit deren Änderung gröfsere Kosten verbunden, so bleibe man ruhig bei Zylindern mit Flachschiebern.

So gut sich in der Regel weichgufseiserne Schieber bei Nafsdampf bewähren, bei Heifsdampf versuche man sie nicht. Dagegen bewähren sich sehr gut nachfolgende Mischungen:

84,0 Cu		84,5 Cu
3,0 P . Cu	oder	0,5 P . Cu
13,0 Sn		10,0 Sn
		5,0 Pb.

Bei der Bleibronze verfahre man so, dafs dem geschmolzenen Kupfer das Zinn zugesetzt wird und dann unter kräftigem, dauerndem Rühren das Blei. Es darf nicht zu heifs gegossen werden (700°), weil sonst das Blei teilweise aussaigert. Beide Mischungen lassen sich gut bearbeiten. Ihre Festigkeit ist bei Temperaturen bis 400° genügend.

Form des Schiebers. Bei Lokomotiven mit Schiebern, die nicht gröfser als 70 qcm sind, werden keinerlei Schwierigkeiten, auch ohne Entlastung, auftreten. Bei gröfseren Schiebern entsteht die Frage, eine Entlastung vorzusehen. Der Nutzen einer der bekannten Entlastungen (z. B. Nicholson, von Borries) ist vielfach geringer als man zu glauben geneigt ist. Man mache den Versuch, auf dem Schieberdeckel innerhalb des Entlastungsraumes ein Manometer anzubringen und man wird meist finden, dafs nach wenigen Schlägen der gleiche oder nur ein wenig geringerer Druck innerhalb des Entlastungsraumes herrschen wird wie im übrigen Schieberkasten. Bei dem dünnflüssigen Heifsdampf ist die Leichtigkeit, mit der er zwischen den gleitenden Flächen und den Überdeckungsflächen durchdringt, noch gröfser als bei dem dickflüssigeren Nafsdampf. Übrigens hielt von Borries selbst nicht viel von der nach ihm benannten Bauart, doch ist sie immer noch besser und billiger als die Richardsonsche. Wirkungsvoller wird die Entlastung bei Heifsdampf nur dann, wenn dem in den Entlastungsraum gedrungenen Dampf ein Ausweg gegeben wird. Bei Zwillingslokomotiven mit Vorwärmung oder bei Verbundlokomotiven leitet man den Leckdampf in den Vorwärmer oder in den Aufnehmer; er ist dann doch wenigstens noch teilweise von Nutzen.

Die Muschelschieberform, mit oder ohne Trickkanäle, mit oder ohne Entlastung, ist in der Stoffverteilung derart unregelmäfsig, dafs unmöglich erwartet werden kann, dafs sich solche Gebilde nach allen Richtungen bei den Temperaturen des Heifsdampfes gleichmäfsig ausdehnen. Das erschwert natürlich das Anpassen der gleitenden Teile zwischen Spiegel und Schieber, also das Einlaufen. Dazu kommt, dafs der Schieber dort, wo er über die Kanäle läuft, spezifisch höher belastet wird als auf den Seitenflächen, die in ganzer Länge auf dem Spiegel aufliegen. Die Folge ist, dafs sich der Spiegel im Beginn der Einlaufperiode, verschieden stark abnutzen wird, mehr in dem mittleren Teile als an den Seiten. Und in der Tat kann man feststellen, dafs ein solcher Schieber in kaltem Zustande eine hohle Form bekommt. Man lasse den Schieber in dieser Form, bringe ihn also nicht auf der Richtplatte wieder in eine Ebene; denn in warmem Zustande, unter Druck, ist er dann dicht und trägt gleichmäfsig gut.

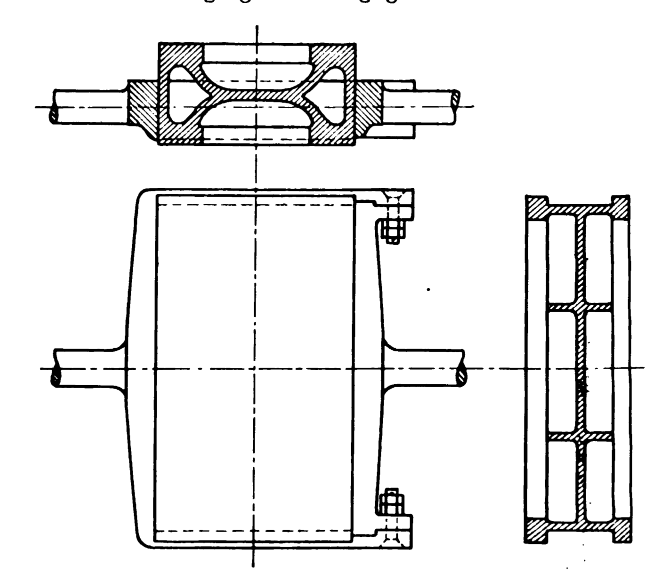


Abb. 3. Schieber mit doppelter Lauffläche und dafür passend gemachtem Schieberrahmen.

Die Muschelschieberform läfst sich verbessern und verein fachen. Trickkanäle können bei hoher Überhitzung weggelassen werden und eine Formgebung wie Abb. 3 gibt einen gege Durchbiegung sehr widerstandsfähigen Querschnitt. Die sym metrische Anordnung wirkt günstig auf das Verziehen in de Hitze und gewährt zugleich ungefähr doppelte Lebensdauer weil sich der Schieber nach Abnutzung der einen Seite um drehen läfst. Die Kosten für Schieberunterhaltung fallen dami auf ungefähr die Hälfte. Der Schieberrahmen läfst sich nac Abb. 3 mit wenig Kosten für diese Form passend machen.

Schmierung. Die schwierigste, aber auch bedeutsamst Aufgabe des Umbaues ist, das Öl — bestes hochviskoses Heifs dampfzylinderöl — unter Druck zwischen die tragenden Fläche zu bringen. Es ist dazu also nötig, den Schieberspiegel beinah in ganzer Länge zu durchbohren. An je eine Leitung von de Schmierpumpe werden dann angeschlossen: je ein Steg des Spiegel auf denen die äufseren Überlappungen und die seitlichen Fläche des Schiebers laufen, siehe Abb. 4, der Zylinder in seine höchsten Punkte, die Schieberstopfbüchse, bei Entlastung auc

diese; das sind bei Zwillingslokomotiven also acht bzw. zehn Anschlüsse an der Ölpumpe.

Bei geneigt liegendem Schieberspiegel führt man das Öl nur den höchstliegenden Teilen des Spiegels von unten durch die Bohrung zu und bringt auf den Stegen eine Ölnut an, in der der Schmierstoff dem tieferliegenden Teile des Spiegels zuläuft. Wollte man bei geneigtem Spiegel das Öl wie bei wagrecht liegendem Spiegel von unten durch zwei oder drei Stichbohrungen zuführen, so bekäme der obere Teil des Spiegels selbst wenn den Zufuhrlöchern unten kleinere Bohrung als oben gegeben wird, zu wenig Öl, da das sich bei den herrschenden Temperaturen äufserst dünnflüssige Öl den Weg des kleineren Widerstandes sucht und darum unten leichter austritt als oben. Die Anordnung bei geneigtem Spiegel wird also grundsätzlich wie Abb. 5 angibt, bei wagrecht liegendem wie Abb. 4 gestaltet.

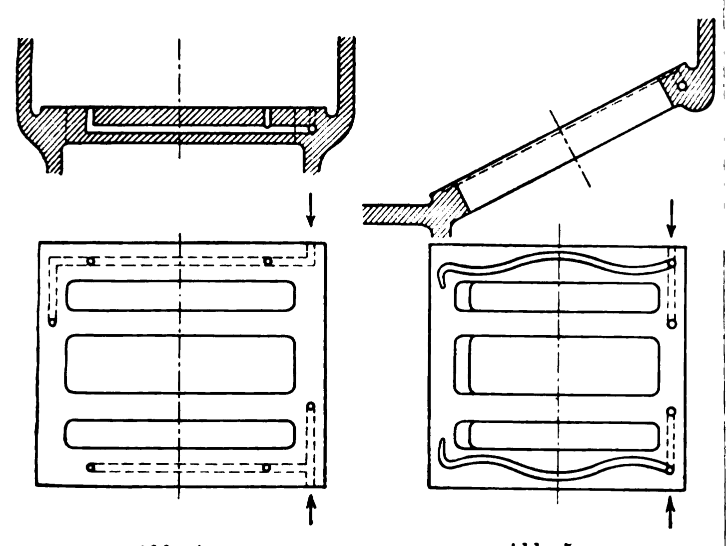


Abb. 4. Ölzuführung im Schieberspiegel bei wagrecht liegendem Spiegel.

Abb. 5. Ölzuführung im Schieberspiegel bei geneigt liegendem Spiegel.

Bei Beobachtung dieser Angaben kann der Ölverbrauch — nach anfänglich übermäfsiger Schmierung, um über die schwierige Periode des Einlaufens gut hinwegzukommen — nach und nach so verringert werden, dafs er bei Zwillingslokomotiven von ~ 100 bis 500 PS etwa 6 bis 8 g, bei gröfseren Lokomotiven von ~ 500 bis 1000 PS 7 bis 11 g auf den Lokomotivkilometer für beide Schieber, Zylinder und Stopfbuchsen beträgt, wobei etwa 50 %, d. h. 2 bis 3 g je Schieber und km, auf die Schieberschmierung entfällt. Dabei wird die Schieberabnutzung geringer sein als sie bei derselben Type mit Nafsdampf betrug.

Schmierabnutzung. Bei einer Anzahl Lokomotiven, die vor und nach dem Umbau in gleichem Dienste lief — bei Heifsdampf aber mit vergröfserten Zugslasten — wurden folgende mittleren Schieberabnutzungen gemessen:

Nafsdampf	Auf einem Durchlauf von 30000 km *)	Verschleifs in mm ohne Entlastung	Auf 1 mm Schieberverschlufs also ein Durchlauf von 1600 bis 2300 km.
Nach Umbau in Heifsdampf	30000 km	7 bis 8 mm ohne Entlastung	3700 bis 4300 km
		~ 6 mm mit Entlastung	5000 km

Also Steigerung der Lebensdauer auf reichlich das Doppelte, bei nur geringer Verbesserung bei Entlastung. — Die Maschinen verkehren auf einer Strecke mit gröfsten Steigungen von 28 ‰ und müssen mit etwa 60 % Füllung laufen, wobei die Überhitzung vorübergehend auf etwa 370° steigt. Das bei Anstrengung bei Nafsdampf auftretende Brummen der Schieber verschwand nach dem Umbau.

*) Entsprechend ca. 6½ Millionen Schieberbewegungen.

Die anfänglich sicher manchem Betriebsleiter bedenklich erscheinende Verwendung von Flachschiebern bei Temperaturen von 350°, wird bei Beobachtung der gegebenen Winke kaum auf einen Mifserfolg auslaufen; im Gegenteil, es wird voraussichtlich eine Ersparnis an Schiebern eintreten, die die bei Heifsdampf nötige Verwendung teueren Öles mehr als ausgleichen wird. Notwendig bleibt natürlich eine strenge Aufsicht, dafs das Öl auch wirklich dauernd den lebenswichtigen Teilen zugeführt wird. Schmierpressenbauarten wie z. B. die neue Pumpe von Bosch-Stuttgart mit Sichtschmierung sind in dieser Hinsicht natürlich von besonderem Werte

Auf dem Kongrefs in Rom wurde der Erfolg, den die Great Eastern Railway mit dem Umbau in Überhitzung erzielt hatte, zum guten Teile einem »Intensif« genannten Schmierapparate zugeschrieben.

Ein Vertreter der Schweizerischen Bundesbahnen berichtete in Rom, dafs flache Schieber sogar noch bei 470° gut gearbeitet hätten. So hohe Temperatur scheint mir nun allerdings nicht nachahmenswert. Sie deutet auch auf nicht richtige Verteilung der Heizgase, die vielleicht in zu grofsen Mengen durch die Rauchrohre zogen, weil der freie Durchgangsquerschnitt und die berührte Oberfläche den Gasen infolge nicht richtiger Bemessung der Rohrdurchmesser weniger Widerstand in den Rauchrohren entgegensetzte als in den Heizrohren. Bei so hohen Überhitzungsgraden, die vermutlich bei angestrengter Bergfahrt entstanden sind, besteht auch die Gefahr, dafs Schieber und Spiegel, sobald der Regler nach erreichtem Brechpunkte geschlossen wird, zu schnell abkühlen, so dafs Risse im Spiegel oder im Schieber auftreten können.

Wir kommen damit auf die Luftsaugeventile. Man stelle sich vor, dafs bei der Anordnung von Luftsaugeventilen auf dem Schieberkasten plötzlich eiskalte Luft in die hocherhitzten Spiegel, Schieber und Zylinder tritt. Das kann nicht ohne gefährliche Spannungen gehen. Es ist darum viel zweckmäfsiger, ein oder zwei Luftsaugeventile mit sehr reichlich bemessenen Durchgangsquerschnitten, die beim Schliefsen des Reglers leicht und zwanglos freigegeben werden, auf der Nafsdampfseite des Überhitzerkastens, oben auf der Rauchkammer, anzubringen. Dadurch wird die angesaugte Luft auf dem langen Wege durch die Überhitzerrohre bis zum Zylinder vorgewärmt, die Überhitzerrohre werden, besonders auch in der Feuerzone gekühlt, und schliefslich wird bei hoch angeordnetem Ventil die Gefahr, dafs staubhaltige Luft beim Fahren über Wegübergänge in die Zylinder kommt, viel geringer als bei wenig über Schienenhöhe angebrachten Luftsaugeventilen. Bei reichlicher Bemessung der Ventile ist es unnötig einen Umlauf anzubringen.

Gleiche Beobachtungen wurden, nach Mitteilungen auf dem Kongrefs in Rom, bei der Great Northern Railway gemacht.

Es ist natürlich ein grofser Vorteil, der Notwendigkeit enthoben zu sein, etwa durch Anbohren und Anschweifsen am Zylinder einen Umlauf gelegentlich des Umbaues vorsehen zu müssen. Auch Sicherheitsventile am Zylinder erübrigen sich, weil die Schieber abklappen können.

Stopfbüchse. Im Gegensatz zu der üblichen Anordnung bei Kolbenschiebern, durch innere Einströmung die an den Schieberstopfbüchsen auftretenden Drücke und Temperaturen niedrig zu halten, liegt bei den Umbaumaschinen die Aufgabe vor, in dem bestehenden Stopfbuchsraum, gegebenenfalls mit geringem Ausbohren, eine Abdichtung unterzubringen, die dauernd dem vollen Heifsdampfdruck widersteht. Eine Bauart

etwa wie Abb. 6 hat sich unter ungünstigen Verhältnissen gut bewährt. Sie erfüllt die Bedingungen, dafs: die Schieberstange

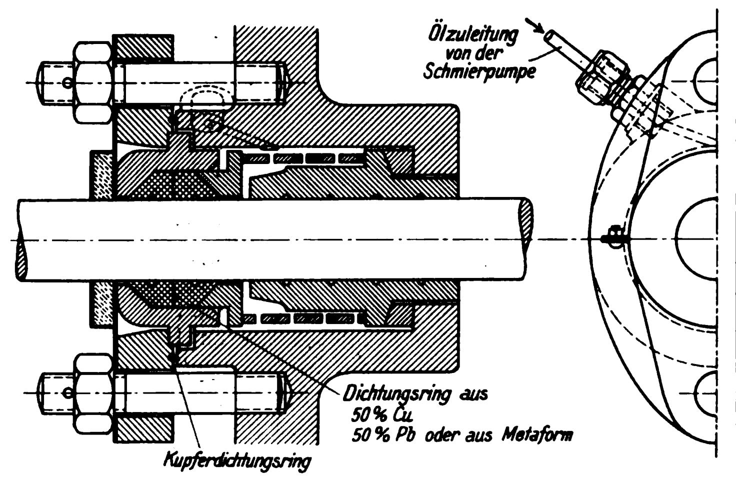


Abb. 6. Kolbenstangenstopfbüchse gedrängter Bauart für Heifsdampf.

kleine Seitenbewegungen in allen Richtungen zwanglos ausüben kann; ein geschlossener Raum gebildet wird, in dem sich das von der Pumpe eingedrückte Öl gut hält und der Stange in grofser Länge zugeführt wird; durch die Mannschaft nichts Wesentliches verstellt werden kann, falls die Dichtungsringe einmal ausgewechselt werden.

Die zwei untereinander gleichen Dichtungsringe können verfertigt werden aus einer Mischung von 50 Cu + 50 Pb. Dafür müssen die Stangen sehr sauber zylindrisch geschliffen sein. Nicht so hohe Ansprüche an genaues Rundsein stellen die von Krupp-Essen in den Handel gebrachten sogenannten Metaform-Dichtungsringe für Temperaturen bis $\sim 450^{\circ}$. Sie werden zweckmäfsig für jeden Stangendurchmesser fertig geprefst bezogen, da sie sich als eine Art Weichpackung nur wenig nacharbeiten lassen.

Ich hoffe im vorstehenden gezeigt zu haben, dafs bei zweckmäfsiger Wahl des Zeitpunktes, bei Beobachtung der besonderen Anforderungen an Bauart und Werkstoff und bei Bezug der Unterteile von erstklassigen Fabriken der Umbau von Nafsdampflokomotiven für Heifsdampfbetrieb mit Aussicht auf sicheren betrieblichen und geldlichen Erfolg möglich ist. Manch ältere Maschinenserie wird dadurch zu einer stärkeren und in Brennstoffverbrauch und Unterhalt sparsameren der Neuzeit entsprechenden Lokomotivgattung umgebaut werden können.

Selbsttätige Signalanlagen.

Von Ober-Regierungs-Baurat **Roudolf**, Berlin-Friedenau.

Die selbsttätige Zugdeckung mit elektrischen Gleisstromkreisen hat in den Vereinigten Staaten von Nordamerika auf zwei und mehrgleisigen Stadtbahnen und Vollbahnen weite Verbreitung gefunden. Die Verwendung von Gleisströmen kam 1879 zuerst auf, um bei Zugtrennungen falsche Stellung des Signals auf freie Fahrt zu verhindern. Ferner sollte auch der Gleisstrom vorgekommene Schienenbrüche melden. Damit war man auf die selbsttätige Zugdeckung gekommen. Man fing 1885 mit Druckluftantrieben für die Signale an. Da diese Druckluftanlagen auf weite Entfernungen sehr teuer werden wegen der hohen Kosten für die Leitungen, so beschränkte man sich anfangs auf Strecken mit dichtem Verkehr und auf Stadtschnellbahnen. Die Anwendung auf langen Bahnstrecken war erst möglich, als die elektrischen Antriebe für die selbsttätige Sicherungsweise hinreichend erprobt waren. Von 1900 an wurden viele zwei- und eingleisige Hauptbahnen auf diese Weise gesichert. Die Sicherung eingleisiger Strecken erfordert verwickeltere Überwachungsströme, da für jeden der gegeneinander fahrenden Züge das Haltsignal auf solche Entfernungen gegeben werden mufs, dafs die Überholungen an den vorgeschriebenen Stellen stattfinden können. Die weite Verbreitung des selbsttätigen Signalsystems für eingeleisige Strecken in Amerika liegt an den besonderen örtlichen Verhältnissen, die auf unsere Hauptbahnen nicht so einfach zu übertragen sind. Wohl aber kommen die selbsttätigen Signalstellereien für elektrisch betriebenen Bahnen mit dichter Zugfolge in der Nähe der grofsen Städte und insbesondere für Stadtschnellbahnen bei uns in Betracht.

Eine Zugfolge von $1^1/_2$ Minuten zu erreichen, war mit den bestehenden handbedienten und halbselbsttätigen Signaleinrichtungen, wie sie auf der Berliner und der Hamburger Stadtbahn vorhanden sind, nicht zu erreichen. Man verliefs die handbedienten Wechselstrom-Blockanlagen und wandte sich dem selbsttätigen Signalsystem zu. Die erste Ausführung dieser Art in Berlin wurde von der Berliner Untergrundbahn hergestellt. Im Gegensatz zu den bei den bisherigen Signalanlagen geltenden Grundsätzen zeigen die Signale im rein selbsttätigen Betriebe in der Grundstellung Fahrt frei statt Halt; im halbselbsttätigen Betriebe, also da, wo Weichen liegen, wo die Signale vom Zuge zwar auf Halt, aber vom Wärter auf Fahrt frei gestellt werden, ist Halt die Grundstellung.

Viele Bahnen im Ausland wenden ein elektrisch-pneumatisches System an wegen seiner kräftigen Bauart. Bei der Untergrundbahn in Berlin hat man das rein elektrische System gewählt, und für den Betrieb der selbsttätigen Signalanlage einfachen Wechselstrom von 120 Wechseln in der Sekunde verwendet. Für den Bahnbetriebsstrom wird meistens Gleichstrom, für den Signalstrom, der die Signalflügel auf Fahrt hält, wird je nach den verschiedenen Systemen Gleichstrom oder Wechselstrom angewendet. Die Mitwirkung des Zuges bei allen selbsttätigen Signalsystemen wird durch Einbeziehung einer oder beider Fahrschienen in den Signalstromkreis erreicht. Die Fahrschienen werden entsprechend den Blockstrecken einseitig oder beiderseits in isolierte Blockstrecken zerlegt.

Die einzelnen Arten der selbsttätigen Signalanlagen unterscheiden sich je nach der Stromzuführung folgendermafsen:

1. Beide Fahrschienen sind bahnstromfrei, werden also nur für den Signalstrom verwendet,
2. nur eine Fahrschiene ist bahnstromfrei, die andere dient zur Rückleitung des Bahnstromes, so dafs der Signalstrom eine stromfreie und eine stromführende Fahrschiene benutzen mufs,
3. oder beide Fahrschienen leiten den Bahnstrom zurück, so dafs sich der Bahn- und der Signalstrom überdecken.

Selbsttätige, elektrische Signalstellerei mit Wechselstrom.

Die Berliner Hoch- und Untergrundbahn hat zuerst auf ihren Strecken das selbsttätige Signalsystem eingeführt, und zwar hatte sie anfangs ein Westinghouse-Hebelwerk verwendet, das einige Mängel aufwies, die in einem nach den Angaben der Hochbahngesellschaft von Siemens erbauten neuen Stellwerk beseitigt worden sind. In einem Holzgehäuse sind die Hebel mit ihren Schaltern gut übersichtlich angeordnet. Die Hebel können leicht bewegt werden, so dafs ein besonderer Handfallenhebel entbehrlich wird. Die Überwachung der Endstellungen der Weichen und Signale erfolgt durch Lichtzeichen ohne bewegliche Teile, an Stelle der durch Elektromagnete gesteuerten Farbscheiben, wie sie bei den übrigen elektrischen Stellwerken üblich sind. Ein erleuchtetes + Zeichen gibt die

Grundstellung der Weiche an, ein erleuchtetes — Zeichen die umgelegte Stellung. Die Zeichen für die Signalhebel sind rote bzw. grüne Fenster. Bei dem neuen elektrischen Stellwerk von Siemens sind mit den Hebeln elektrische Verschlüsse (Abb. 1, Schnitt C D) verbunden, die verlangen, dafs der Hebel erst dann in eine Endstellung gebracht werden kann, wenn der Weichenmotor ausgelaufen ist und die mechanische Verriegelung aufgegeben hat.

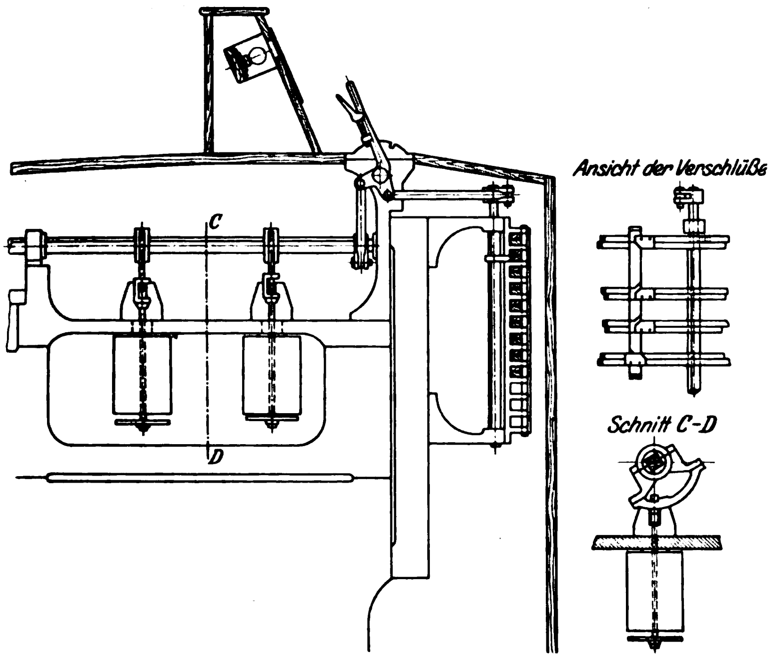


Abb. 1. Weichenhebelverschlüsse von Siemens.

Der Weichenhebel ist durch ein Zwischenstück mit einer drehbaren vertikalen Welle verbunden. Auf dieser Welle sitzt eine Übertragung, die in eine auf der Rückseite einer horizontalen Sperrschiene ausgeklingte Nute eingreift. Diese Sperrschiene bewegt sich hin und her. Die Verriegelung der Hebel untereinander erfolgt durch Querriegel, die sich in vertikaler Richtung bewegen. In diese Querriegel greifen kleine Knaggen ein, die an den horizontalen Sperrschienen sitzen. Die elektrische Verschlüsse mit ihren Kontakten sitzen hinten und werden von der horizontalen Welle gesteuert. Die elektrische Verriegelung besteht aus einem Magnet, dessen Anker an einer senkrechten Stange sitzt, die durch die Mitte des Kerns geht. Oben an der Stange sitzt ein Verschlufsstück, das in einen Quadranten eingreift, der auf der Welle sitzend, mit dieser gedreht wird. Hinter dem Hebelwerk sind in einem Schrank die Relais und ein Transformator untergebracht. Über dem Stellwerk hängt ein Transparent, auf dem der Lauf der Züge verfolgt werden kann. Der besetzte Zustand wird durch Erlöschen der Lampen hinter den unterteilten leuchtenden Streifen, die die Gleise bedeuten, angegeben. Die Weichen, Signale und Fahrsperren werden durch Elektromotore angetrieben, die von einer Sammlerbatterie von 100 bis 120 Volt Spannung gespeist werden. Die Hebel werden mechanisch und elektrisch verschlossen. An den Weichenhebeln verhindern die elektrischen Verschlüsse, dafs der Hebel nach vorn oder nach rückwärts ganz umgelegt werden kann, ehe die Weiche richtig steht; an den Signalhebeln verhindern dieselben, dafs der Hebel ohne weiteres in die Endstellung gebracht werden kann. Der eine Verschlufs Meldeverschlufs) sperrt hierbei den Hebel so lang, bis das durch den Hebel zu stellende Signal auf Halt steht und der andere Verschlufs (Rückhaltverschlufs) sperrt den Hebel so lang, bis der Zug alle Weichen durchfahren hat, die mit dem Signal gekuppelt sind. Diese Verschlüsse sind jedoch so eingerichtet, dafs der Stellwerkwärter eine Umstellung der Hebel nur dann vornehmen kann, wenn dadurch keine Gefahren herbeigeführt werden können. Jede Weiche hat zwei Relais, die die eine oder die andere Endlage anzeigen. Tritt eine Störung an der Weiche ein, so wird der Relaisstrom unterbrochen, die Hebel und die Kontrollströme für die Signale, die die betreffenden Weichen unter Verschlufs halten, werden verriegelt.

Die wichtigsten Bestandteile der selbsttätigen, elektrischen Stellereien sind die Drosselstöfse oder Impedanzverbinder (Abb. 2). Es sind leitende Überbrückungen an Stofsstellen, die den Signalstrom (Wechselstrom) abdrosseln, aber den Bahnstrom durchlassen. Bei unseren elektrischen Bahnen mit zwei Fahrschienen und einer dritten Schiene als Stromschiene werden die Fahrschienen als Rückleitung für den Bahnstrom und gleichzeitig als getrennte Leitungen für den selbsttätigen Signalbetrieb benutzt. Und zwar ermöglichen dies die Drosselstöfse. Voraussetzung ist, dafs die beiden Fahrschienen an den Drosselstöfsen durch isolierende Zwischenlagen getrennt sind und auf Holzschwellen in durchlässiger Bettung liegen. Die Hochbahn in Berlin verwendet Gleichstrom als Fahrstrom, der durch eine dritte Schiene zugeführt wird, und Wechselstrom als Signalstrom. Die Fahrschienen sind ein wichtiges Glied der selbsttätigen Signalanlage.

Die Wirkungsweise des Drosselstofses zeigt die Abb. 2. In mit Öl gefüllten Kästen aus Eisen liegen starke Kupferdrähte V_1 und V_2 in Windungen. V_1 und V_2 sind mit den Schienenenden durch Kupferseile verbunden, die Mitten von V_1 und V_2 durch die Drähte V. Der Bahnrückstrom fliefst nun in den Schienensträngen des einen Streckenabschnittes in Richtung der Pfeile gegen die Mitte der einen Hälfte von V_1, dann durch V über V_2 nach den Schienenenden des nächsten Abschnittes.

Die Fahrströme fliefsen in den beiden Windungshälften entgegengesetzt, ihre Kraftlinienfelder sind also auch entgegengesetzt und halten sich das Gleichgewicht, da sie ungefähr gleich grofs sind. Der Signalstrom, der niedriger gespannt ist, findet als Wechselstrom in den mit Gleichstrom belasteten Windungen V_1 und V_2 des Drosselstofses einen grofsen induktiven Widerstand, kann nicht zur Nachbarschiene gelangen

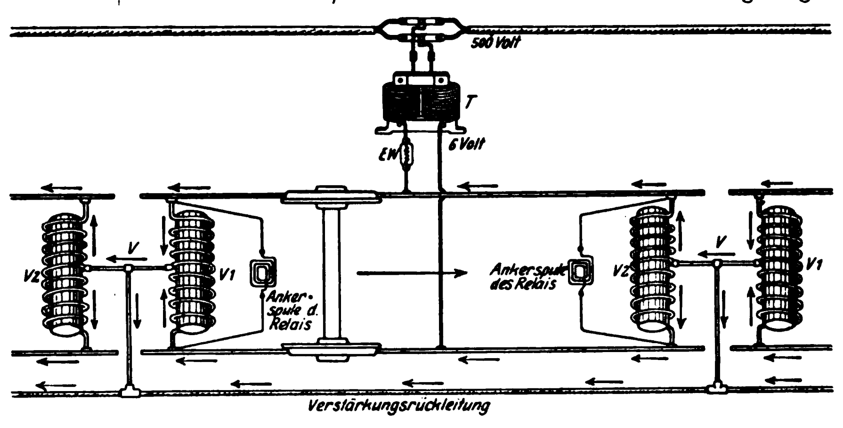


Abb. 2. Wirkungsweise des Drosselstofses.

und ist somit abgedrosselt. Je höher die Periodenzahl (50 bis 60 Perioden sind zweckmäfsig) des Signalwechselstroms genommen wird, um so gröfser ist sein induktiver Widerstand. In V_1 und V_2 entsteht ein magnetisches Feld, durch dessen Wechsel eine elektromotorische Kraft hervorgerufen wird, die der vom

Signalstromtransformator hinzugelieferten Spannung entgegenwirkt. Hierdurch wird der Kurzschlufsstrom gedrosselt. Die magnetisierende Kraft bestimmt sich aus der Windungszahl der einen Spulenhälfte und dem Fahrstrom. Durch das resultierende magnetische Feld wird die magnetische Leitfähigkeit des Eisens in der Spule geringer, der Signalstrom wächst an, es wird mehr Energie vom Signaltransformator in die Spule geleitet. Fährt ein Zug in den Streckenabschnitt ein, so schliefsen die Achsen den Signalstrom kurz, die Ankerspulen der Relais T werden stromlos.

Die selbsttätigen Blockstellen sind Gehäuse mit Streckenrelais (2 oder 1 für jede Blockstrecke), den erforderlichen Widerständen, Transformatoren und Sicherungen. Die Blockstellengehäuse, die an jeder beliebigen Stelle aufgestellt werden können, werden durch Kabel mit dem Signal oder dem Fahrsperrenantrieb verbunden.

Halbselbsttätige Signale dürfen, wenn sie Halt zeigen, unter keinen Umständen überfahren werden, sie sind gekennzeichnet mit einer Tafel, die einen senkrechten roten Strich trägt. Das Signal darf nur dann überfahren werden, wenn der Befehl zur Vorbeifahrt erteilt ist.

Streckenblockfelder zur Sicherung der Züge sind auf den Untergrundbahnen nicht vorhanden. An deren Stelle tritt ein durchscheinender Gleisplan (Gleistransparent), auf dem die Signale, Gleisabschnitte und Weichen hell sichtbar sind durch elektrische Lampen, die entsprechend den Gleisabschnitten dahinter verteilt sind. Die Lampen erlöschen, wenn der Gleisabschnitt besetzt ist.

Schaltungen der selbsttätigen Stellereien.

Die Schaltunganordnung für endgespeiste Blockstrecken zeigt Abb. 3. Am Ende jeder Blockstrecke wird von einem

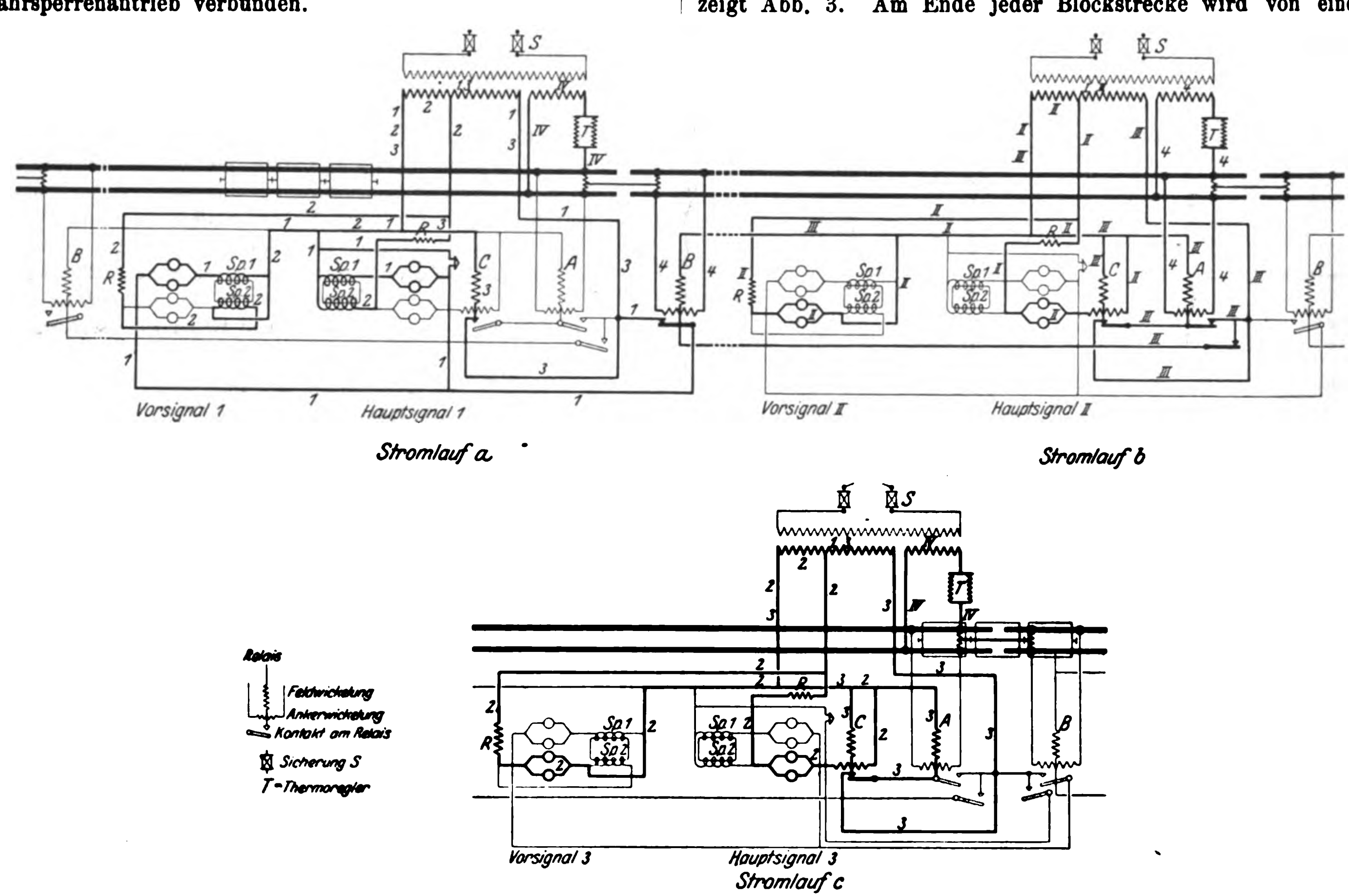


Abb. 3. Schaltung für endgespeiste Blockstrecken.

Für den Betrieb mit dieser neuen Einrichtung des selbsttätigen Signalsystems sind neue Vorschriften erforderlich. Findet ein Fahrer ein selbsttätiges Signal auf Halt, so kann er noch 1 Minute in Schrittgeschwindigkeit langsam weiter fahren. Ist er am nächsten Signal angekommen, so mufs er auch dieses noch, auch wenn es Fahrt zeigt, 150 m vorsichtig überfahren. Dann darf er erst seine zulässige Fahrgeschwindigkeit annehmen. In Krümmungen und bei Nebel oder wenn sonstwie das Signal nicht erkannt werden kann, darf der Fahrer nicht eher an dieses Signal heranfahren, bis der Zugbegleiter, der vorausgehen mufs, festgestellt hat, dafs die Strecke frei ist. Immer mufs klar sein, ob der Mangel am Signal zu suchen ist, keinesfalls darf die Anwesenheit eines Zuges im vorliegenden Streckenabschnitt die Veranlassung sein. Ehe ein Zug ein Signal überfahren darf, mufs der Bremsanschlag ausgelöst sein. Nach Vorbeifahrt am Signal ist er wieder einzustellen. Der Fehler am Signal mufs auf der nächsten Station gemeldet werden, die sofort die Untersuchung veranlafst.

Wechselstromkabel von 300 bis 500 Volt abzweigend ein Blocktransformator angeschlossen, dessen Hauptwicklung in einer gröfseren Spule für die Abhängigkeitsleitung 100 Volt Wechselstrom und in einer kleineren Spule für die Schienen-Anschlufsleitungen 4 bis 8 Volt Wechselstrom induzieren. Der 4 bis 8 Volt-Wechselstrom geht über die Fahrschienen und wirkt ebenso wie der 100 Voltstrom auf je eine Hilfs- und sognannte Gleiswicklung des Relais. Letzteres steht bei unbesetzter Strecke in Grundstellung und schaltet in dieser Stellung den Signalmotor an, das Signal zeigt Fahrt. Sobald ein Zug in die Blockstrecke einfährt, wird die Gleiswicklung des Relais stromlos, sein Drehfeld unterbricht den Kuppelstrom des Signals, das Signal zeigt Halt und schaltet den Signalmotor für den Rücklauf auf Halt ein. Da der Kurzschlufs im Blocktransformator, hervorgerufen durch die Zugachsen, 4 bis 8 Volt Spannung im Blocktransformator verbraucht, so ist ein Dämpfungswiderstand in die Anschlufsleitung eingeschaltet. Das Signal zeigt, sobald die Blockstrecke frei ist und die

Gleiswicklung des Blockrelais wieder Strom hat, Fahrt. Diese vom Ende her gespeiste Schaltung ist nur bei Blockstrecken bis zu 500 m Länge verwendbar. Bei längeren Blockstrecken bis zu 2 km ordnet man den Blocktransformator in der Mitte und je ein Blockrelais an den Enden der Blockstrecke an, da der Spannungsabfall im 4 bis 8 Voltzweig des Blocktransformators zu grofs und somit der Energiebedarf zu hoch würde. Bei Einfahrt eines Zuges wird das erste Relais, dann der Blocktransformator kurz geschlossen und am Ende der Blockstrecke das zweite Relais umgesteuert.

Eine Schaltung für kurze Blockstrecken zeigt Abb. 3. An die Sicherungen S ist die Blockspeiseleitung von 250 bis 500 Volt angeschlossen. Vier verschiedene Stromkreise werden von dem Blocktransformator abgenommen und zwar:

1. Der Stromkreis für die Fahrstellung des Haupt- und Vorsignals und der Fahrsperre;
2. der Stromkreis für die Halt- bzw. Warnstellung des Haupt- und Vorsignals;
3. der Stromkreis für die Feldwicklung der Relais A, B und C und
4. der Stromkreis für die Gleisabschnitte und die Ankerwicklung der Relais A und B.

Über die Spule Sp 1 geht der Strom 1 vom Transformator durch die grünen Signallampen und über den Kontakt des Relais B zurück (Stromlauf a). Über die Spule 2 und durch den Regulierwiderstand R geht gleichzeitig vom Transformator der Strom 2 zur Stromquelle, während Strom 3 über die Feldwicklung des Relais C geht. Da die roten Signallampen, die mit der Spule Sp 2 parallel geschaltet sind, einen höheren Widerstand haben als die Spule Sp 2, so geht der Strom über diese Spule, die roten Lampen werden also nicht vom Strom durchflossen, während die grünen Lampen leuchten. In der Signallaterne liegen zwei Glühlampen in Parallelschaltung, eine Lampe brennt also immer.

Fährt ein Zug in einen Streckenabschnitt ein, so wird der Stromkreis 4, der die Ankerwicklungen der Relais A und B durchflossen hat, durch die Zugachsen geschlossen (Stromlauf C). Die Kontakte dieser Relais fallen ab und unterbrechen dadurch den Stromkreis 1 des zurückliegenden Signals (Stromlauf b). Die Spule Sp 1 wird stromlos und die grünen Signallampen sind ausgeschaltet. In der Spule 2 tritt ein induktiver Widerstand auf, der höher ist als der Widerstand der roten Signallampen. Der Strom 2 geht vom Transformator über die Ankerwicklung des Relais C durch die roten Signallampen und über den Regulierwiderstand B.

Jetzt spricht das Relais C an, da seine Feld- und Ankerwicklung Strom haben, es schliefst seinen Kontakt und gibt so dem Stromkreis 3 einen Weg über die Feldwicklungen des Relais A (Stromlauf c). Fährt der Zug aus dem Streckenabschnitt aus, so fliefst der Strom durch die Anker der Relais A und B (Stromlauf b). Da nun Feld- und Ankerwicklung des Relais A Strom haben, so schliefst es seine Kontakte, so dafs der Stromkreis 3 seinen Weg zur Feldwicklung des Relais B findet über den unteren Kontakt des Relais A (Stromlauf a). Das Relais B schliefst seinen Kontakt und schaltet dadurch den Signalstromkreis 1 auf Fahrt frei. Erst wenn der Zug mit seiner letzten Achse den rückliegenden Streckenabschnitt verlassen hat, kann das rückliegende Signal Fahrt zeigen. Die Fahrsperre und das Vorsignal sind mit dem Hauptsignal parallel geschaltet.

Ist ein Streckenabschnitt noch besetzt, was der Wärter in dem durchscheinenden Gleisplan sieht, so kann er, auch wenn alle in Frage kommenden Hebel richtig stehen, den zugehörigen Signalhebel nur um $^2/_3$ seiner Bewegung umlegen. Auf diese Weise sind alle Hebel der Fahrstrafse mechanisch verschlossen, während das Signal noch in der Haltstellung verbleibt. Letzteres kann erst bei vollständiger Umlegung des Hebels in die Fahrstellung gelangen. Ist der Zug aus dem Streckenabschnitt heraus, so wirkt der Gleichstrom wieder und gibt den Verschlufs für die vollständige Umlegung des Hebels frei. In einen besetzten Gleisabschnitt kann also kein Zug einfahren. (Überwachung der Gleisbesetzung.)

Hingegen kann der Wärter jederzeit einen Signalhebel auf Halt legen. Mufs der Wärter in dem Augenblick, in welchem noch ein Zug sich in dem Streckenabschnitt befindet, ein Signal in die Haltstellung bringen, so läfst sich der Signalhebel nur um zwei Drittel seiner Bewegung umlegen, aber diese Bewegung genügt für die Haltlage. Erst nach vollständigem Umlegen des Hebels werden die Weichen entriegelt. Auf diese Weise bleibt die Fahrstrafse so lange gesperrt, bis der Zug mit seiner letzten Achse den Streckenabschnitt verlassen hat. (Fahrstrafsenauflösung.) Auch der Fall, dafs eine festgelegte

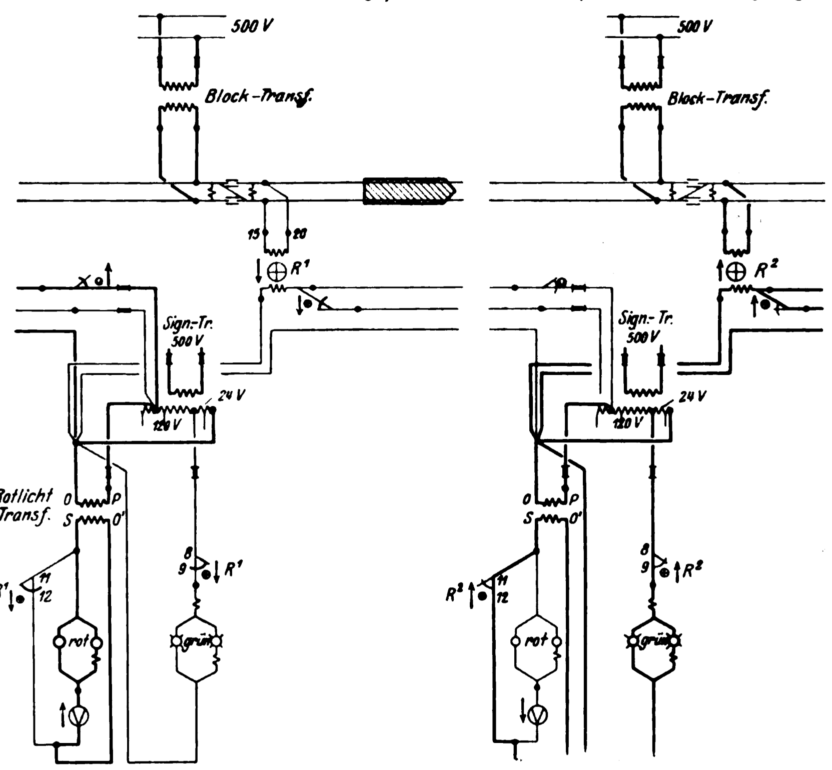


Abb. 4. Schaltung für selbsttätige Blockanlagen.

Fahrstrafse mutwillig gestört werden sollte, ist berücksichtigt. In diesem Falle geht das betreffende Signal selbsttätig in die Haltlage. Abb. 4 zeigt eine neue Schaltung für selbsttätige Blockanlagen.

Ohne die selbsttätige Signalstellerei ist ein regelrechter Betrieb auf Stadt- und Untergrundbahnen nicht möglich. Die Blockstörungen und die dadurch entstehenden Aufenthalte der Züge an den Signalen sind beseitigt, ein Versagen eines selbsttätigen Signals kommt nur sehr selten vor.

Lichtsignale sind für Bahnen mit selbsttätiger Signalstellerei am vorteilhaftesten, weil elektrischer Strom vorhanden ist. Da in den Tunnelstrecken bei den Untergrundbahnen die Signale als Lichtsignale ausgebildet sind, so ist es folgerichtig, sie auch auf der Hochbahn anzuwenden.

Die Gründe, die bei Fernbahnen die Einführung der Tageslichtsignale noch erschweren*), fallen bei der geringen Geschwindigkeit der Züge der Untergrundbahnen fort.

Bei den Lichtsignalen sind die Farben rot für Halt,

*) Schubert-Roudolf. Sicherungswerke im Eisenbahnbetriebe. Bd. II, S. 559 bis 562. Kreidels Verlag in München, 1925.

orangegelb für Vorsicht und grün für freie Fahrt, wie sie die Signalordnung vorschreibt, beibehalten worden. Das gewöhnliche Hauptsignal zeigt ein rotes und ein grünes Licht, das Vorsignal hat je zwei orangegelbe und grüne Lichter.

Der Bau dieser Signale ist einfach, sie bestehen aus einem in einem Kasten sitzenden Rohr, das oben ein Gehäuse trägt, in welchem die Lichtzeichen sitzen. Der Kasten am Mastfuſs nimmt den Transformator auf. Die Höhe der Lichtsignale richtet sich nach den örtlichen Verhältnissen. Die Glühlampe des Haupt- und Vorsignals hat zwei parallele Leitungen und verbraucht rund 50 Watt bei 14 bis 16 Volt Spannung. Für die Laternen der Lichtsignale genügen 15 Watt-Lampen.

Spurkranzschweifsung.

Von Betr.-Ing. **Krohne**, Cassel.

In Heft 11, Jahrg. 1924 (S. 255) dieser Zeitschrift ist ein Aufsatz von Reichsbahnoberrat Gollwitzer über das Aufschweifsen von Radspurkränzen erschienen. — Im nachstehenden soll anschliefsend hieran über die im Eisenbahn-Ausbesserungswerk Cassel gewonnenen Erfahrungen und über neue Formen der Einrichtungen berichtet werden.

In der Einleitung des genannten Aufsatzes ist mit Recht auf den grofsen Querschnittsverlust hingewiesen, da stets zwei Räder eines Wagen-Radsatzes oder bei Lokomotiven sämtliche Räder einer zusammengehörigen Radsatzgruppe auf den gleichen Laufkreisdurchmesser gebracht werden müssen. Von den im Eisenbahn-Ausbesserungswerk Cassel anfallenden Wagen-Radsätzen zeigen etwa 16%, an einem oder beiden Rädern, und von den anfallenden Güterzuglokomotiv-Radsätzen (G 10) etwa 25%, meistens an beiden Rädern, starke Spurkranzabnützung. Von den für die Spurkranz-Schweifsmaschine aufkommenden Wagen-Radsätzen waren etwa 90% nur an einem Rad in der Spurkranzhohlkehle abgenutzt, hätten aber ohne Aufschweifsen trotzdem an beiden Rädern in gleich unwirtschaftlichem Mafse abgedreht werden müssen. Eine Abhilfe ist durch die Aufschweifsung der abgenutzten Spurkränze möglich. Diese Möglichkeit wurde zunächst u. a. auch von Fachleuten angezweifelt, aber die Praxis hat inzwischen die von Reichsbahnoberrat Gollwitzer angestellten Beobachtungen erwiesen, so dafs jetzt vielfach die Spurkranzschweifsung aufgenommen wird.

Die Haltbarkeit und die Wirtschaftlichkeit haben im Betriebe zu keiner Beanstandung geführt.

Haltbarkeit: Im Casseler Werk ist nicht nur durch zahlreiche Festigkeitsversuche und metallographische Untersuchungen, sondern auch durch Beobachtung der aus dem Betriebe aufkommenden Radsätze festgestellt, dafs eine einwandfreie Verbindung des Schweifsgutes mit dem Radreifen erfolgt ist. Es konnten wiederholt geschweifste Reifen, die nach Beendigung der vorgeschriebenen Laufzeit zur Untersuchung der Werkstatt zugeführt wurden, ohne weiteres Nachdrehen ein zweites Mal dem Betriebe zugeführt werden.

Wirtschaftlichkeit: Zwecks Feststellung der Wirtschaftlichkeit ist der Wert von 1 kg nutzbarem Radreifenquerschnitt oder der Durchschnittswert von 1 mm nutzbarer Reifenstärke (75—30 = 45 mm) aus dem Wert eines neuen Reifens zu ermitteln. (S. Organ 1924, S. 255.) Um den Vorteil des Aufschweifsens voll ausnutzen zu können, ist es wesentlich, das Abdrehen nach dem Schweifsen auf das geringst mögliche Mafs zu bringen. Das bedingt die Verwendung eines geeigneten und in seiner Zusammensetzung gleichmäfsigen Schweifsdrahtes, da nur dann ein gleichmäfsiges Auftragen der einzelnen Schweifslagen und damit das Mindestmafs der Abdreharbeit zu erzielen ist. — Ferner ist eine genügende Härte der aufgetragenen Schweifsschicht anzustreben, da im anderen Falle eine vorzeitige Abnutzung des Spurkranzes im Betriebe eintritt.

Auf der Casseler Maschine sind bis jetzt u. a. etwa 450 Wagen- und Tenderradreifen geschweifst. Nach den vorgenommenen Messungen hätten an diesen Radsätzen zusammen etwa 4000 mm nutzbarer Reifenstärke beiderseits abgedreht werden müssen. Infolge Schweifsung sind aber nur rund 1500 mm abgedreht worden. An den Wagenradreifen stellt 1 mm nutzbarer Reifenstärke z. Z. einen Wert von etwa 4,50 ℳ dar, unter Beachtung, dafs an den Wagenradsätzen immer zwei Reifen gleichzeitig abzudrehen sind.

Es ergibt sich eine Ersparnis von $2500 \times 4,50$ ℳ = rund 11 250 Mk. Die Drehkosten sollen bei dieser überschläglichen Rechnung zunächst aufser Betracht bleiben.

Davon sind abzuziehen die Kosten für das Schweifsen = etwa 4750 ℳ, so dafs eine Ersparnis von etwa 6500 ℳ gebucht werden kann. Bei der Annahme, dafs mit Rücksicht auf Reparatur und Reinigung usw. durchschnittlich vier Wagenradreifen an jedem Arbeitstag geschweifst werden, entfallen auf ein Jahr 1200 zu schweifsende Wagenradreifen, bei denen rund 17000 ℳ im Jahr erspart werden, die nach Abzug für Abschreibung und Verzinsung als Reingewinn gebucht werden können. Bei den Lokomotiven ist der wirtschaftliche Vorteil wesentlich gröfser.

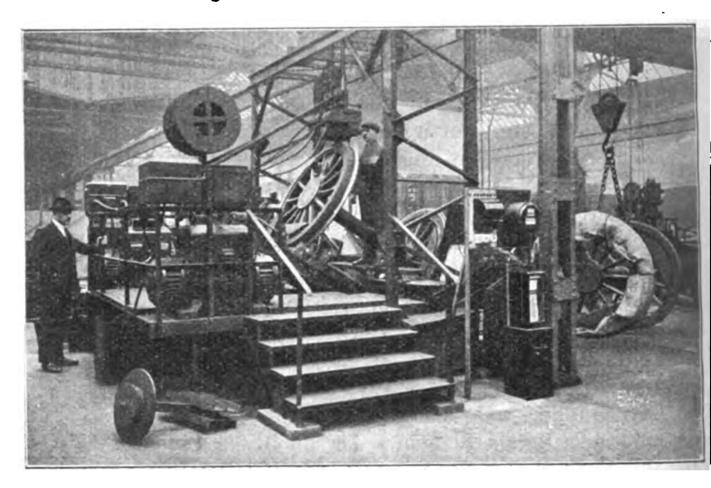


Abb. 1.

Ausführung des Verfahrens: Die Schweifsungen erfolgen auf einer Spurkranzschweifsmaschine. Abb. 1 zeigt eine solche Spurkranzschweifsmaschine, wie sie im Eisenbahn-Ausbesserungswerk Cassel aufgestellt ist.

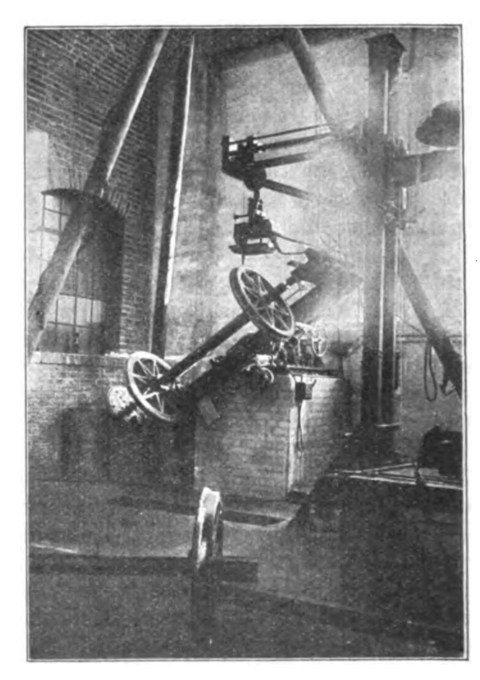


Abb. 2.

Der zu schweifsende Radsatz wird mit Hilfe eines Kranes a[uf] ein fahrbares Gestell gesetzt und in die gewünschte Schrägstellu[ng] gebracht. Diese Stellung ist beim Schweifsen erforderlich, damit e[in] Heruntertropfen des aufgebrachten Materials vor der Erstarrung ve[r]mieden wird. Die elektrische Kaltschweifsung durch den elektrische[n] Lichtbogen geschieht in der Weise, dafs von einer Drahtrolle e[...]

Schweifsdraht entrollt und durch ein kleines Richtwalzwerk geradegerichtet wird, dabei wird gleichzeitig der Strom zugeführt, indem ein Pol an den Schweifsdraht und ein Pol an den Wagen des Radsatzes gelegt ist. Auf der in Abb. 1 dargestellten Maschine wird gleichzeitig mit zwei Schweifsköpfen geschweifst. Beim Zünden des Lichtbogens ist eine höhere Spannung als die Schweifsspannung erforderlich, die sogenannte Zündspannung, annähernd 80 V bei einer Stromstärke = 0. Die Schweifsspannung beträgt, wie sonst bei Stahlschweifsungen üblich, etwa 20 Volt. Deshalb kommt das unmittelbare Schweifsen vom Netz nicht in Frage, wenn man nicht Vorschaltwiderstände einschaltet; dann arbeitet aber eine derartige Schweifseinrichtung sehr unwirtschaftlich.

In der beschriebenen Anlage werden Schweifsumformer benutzt, die aus einem Antriebsmotor mit direkt gekuppeltem Gleichstromerzeuger bestehen und in einem Gehäuse untergebracht sind. Die zur Bedienung der Maschinen nötigen Apparate sind nicht wie sonst üblich auf der Schalttafel, sondern in einem auf dem Umformergehäuse aufgebauten geschlossenen Regulierkasten untergebracht.

Die Reinigung der Schweifsstelle erfolgt beim Drehen des Rades durch eine von einem kleinen Motor angetriebene Stahldrahtbürste.

Der Anfall an zu schweifsenden Radreifen, das sind vorwiegend solche, die über 4 mm (in der Laufkreisebene gemessen), abgedreht werden müssen, ist derart, dafs in einem gröfseren Wagen- oder Lokomotiv-Ausbesserungswerk etwa je eine Schweifsmaschine ausgelastet ist. Im Ausbesserungswerk Cassel fallen für das Schweifsen täglich etwa sechs Wagenradreifen, zwei bis drei Lokomotivradreifen und zwei Tenderradreifen an. Die Leistung einer Schweifsmaschine mit zwei Schweifsköpfen beträgt täglich bis zu sechs Wagenradreifen oder 2 bis 3 G 10 Lokomotivradreifen. Für einen Wagenradreifen werden in $1^1/_2$ Stunden Laufzeit etwa 40 m Schweifsdraht von 4 bis 5 mm Durchmesser und 20 kWh Strom verbraucht.

Die Lieferfirma der Spurkranzschweifsmaschine, „Stahl und Eisen“ in Nürnberg, ist z. Z. mit der Durchbildung einer Bauart nach Abb. 2 beschäftigt, von der drei Typen für Wagen-, mittlere und gröfsere Lokomotivradreifen gebaut werden sollen. Der zu schweifsende Radsatz wird zwischen zwei Spitzen eingespannt. Diese Spitzen lagern in einem Bügel, welcher in seiner Mittelachse drehbar angeordnet ist. Der Radsatz kann also um die Achse in jede beliebige Stellung gebracht werden, ohne dafs ein Umspannen des zu schweifsenden Werkstückes (Radsatz) notwendig ist. Die Maschine eignet sich in gleicher Weise zur Ausführung von Schweifsarbeiten an Drehkörpern jeder Art, so können neben Radsätzen auch Achsschenkel, Felgenkränze, Walzen usw. aufgeschweifst und Rundnähte jeder Art an Kesseln geschweifst werden.

Eine Maschine für Wagenradreifen kostet z. Z. nach Angabe der Lieferfirma rund 15000 *M*, und mit zwei Schweifsköpfen rund 22000 *M*, eine Maschine für Lokomotivradsätze bis 2000 mm Durchmesser mit zwei Schweifsköpfen und zwei Umformern rund 25000 *M*.

Berichte.

Lokomotiven und Wagen.

1 C_0 - D_0 - C_0 1 Diesel-elektrische Lokomotive in Rufsland.

Die Lokomotive mit einem Dienstgewicht von 180 t ist nach den Angaben von Prof. J. M. Haekel in Rufsland selbst gebaut und vor kurzem in Dienst gestellt worden. Die Dieselmaschine stammt von den englischen Vickers-Werken und wurde von einem ausgemusterten U-boot entnommen. Sie hat 10 Zylinder, ist nicht umsteuerbar und arbeitet kompressorlos im Viertaktverfahren. Die Leistung beträgt bei 395 Umdrehungen in der Minute 1030 PS. Mit der Maschine gekuppelt sind zwei Stromerzeuger von je 380 V und 1500 Amp., die zum Anfahren und bei geringen Geschwindigkeiten nebeneinander, bei gröfseren Geschwindigkeiten hintereinander geschaltet werden. Die 10 Elektromotoren sind dauernd nebeneinander geschaltet; sie treiben die Achsen mittels Zahnradgetrieben mit einer Übersetzung von 1:4,625 an.

Die ganze Lokomotive ruht auf drei Gestellen, von denen die äufseren an den Lokomotivenden kurvenbewegliche Laufachsen besitzen und auch die Zug- und Stofsvorrichtungen tragen. Die drei Gestelle sind miteinander verbunden, so dafs der darüberliegende Hauptrahmen keine Zugkräfte zu übertragen braucht. Er besteht aus zwei 900 mm hohen Blechträgern, die durch Querstreben versteift sind und mit der Unterkante noch 450 mm über den Gestellen liegen, so dafs die Motoren zugänglich bleiben. Die Dieselmaschine und die Stromerzeuger sind mit der Achse in der Längsrichtung der Lokomotive auf dem Hauptrahmen gelagert, erstere mittels besonderer Stahlgufsträger, letztere unmittelbar. Aufserhalb des Hauptrahmens liegen beiderseits die Behälter für den rund 7 t betragenden Treibölvorrat und für 1 t Schmieröl sowie eine Sammler-Batterie von 10 V und 600 Amp., die zum Anfahren sowie zur Beleuchtung und zum Antrieb der Hilfsmaschinen dient. Der Hauptrahmen mit sämtlichen angebauten Behältern liegt vollständig innerhalb des über die ganze Lokomotive sich erstreckenden Überbaues, jedoch unter dem Fufsboden. Über demselben liegen ebenfalls innerhalb des Überbaues zwei Kühlwasserbehälter für je 1,5 m^3 Inhalt mit den erforderlichen Pumpen, der Kompressor für die Druckluftbremse und ein Heizkessel. In einem Aufbau auf dem Dach ist der Kühler mit 700 m^2 Oberfläche angeordnet. An jedem Ende der Lokomotive befindet sich ein Führerstand.

Die Lokomotive ist für eine Höchstgeschwindigkeit von 75 km/h gebaut und soll Züge von 1000 t Gewicht mit 50 km/h befördern. Im Verhältnis zu ihrem grofsen Dienstgewicht ist offenbar die erwähnte Leistung von rund 1000 PS viel zu gering; die grofse Zahl von 10 Triebachsen ist wohl darauf zurückzuführen, dafs die Unterbringung stärkerer Motoren an den einzelnen Achsen Schwierigkeiten machte. Bemerkenswert ist, dafs bei den beiden in Deutschland gebauten russischen Diesellokomotiven dieselbe Leistung auf 7 bzw. 8 Achsen untergebracht wurde, gegenüber 12 bei der russischen Lokomotive.

(Railw. Age 1926, 2. Halbj., Nr. 5.) R. D.

Dieselmotor-Triebwagen und -Lokomotiven in Amerika.

Die amerikanischen Eisenbahnfachleute befassen sich neuerdings mehr und mehr mit der Frage, in welchem Umfang der Verbrennungsmotor mit wirtschaftlichem Erfolg zum Antrieb der Eisenbahnfahrzeuge herangezogen werden kann. So sehr man den bewährten, fast hundert Jahre alten Dampfbetrieb schätzt und ihn durch Schaffung immer gröfserer Einheiten wirtschaftlicher zu gestalten sucht, so läfst es sich doch nicht von der Hand weisen, dafs für den zusammengedrängten Verkehr in den Grofsstädten einerseits und für viele schwach belastete Seitenlinien andererseits mit den Dampflokomotiven ein wirtschaftlicher Betrieb kaum mehr möglich ist. Im Gebiet der grofsen Städte scheint der elektrische Betrieb der geeignetste Weg; den Triebwagen und Lokomotiven mit Verbrennungsmotor dagegen will man die schwächer belasteten Nebenlinien überlassen. Von den Verbrennungsmotor-Lokomotiven erwartet man aufserdem noch wertvolle Dienste auf Verschiebebahnhöfen, vor allem auf solchen mit elektrischem oder Übergangsbetrieb, wo sie die Oberleitung entbehrlich machen.

Wie auch in Europa liegt der Grund für die langsame Entwicklung der ganzen Frage in dem Umstand, dafs eine vollbrauchbare Diesel-Lokomotive noch nicht vorhanden ist. Wohl ist der Verbrennungsmotor während des Krieges und nach demselben — vor allem durch die Luftfahrt — stark weiterentwickelt worden, aber die Regelbauarten sind sämtlich zu wenig leistungsfähig für den Eisenbahnbetrieb. Der Dieselmotor, der in erster Linie in Frage kommt, ist zudem noch viel zu schwer. Die üblichen Ausführungen wiegen rund 35 kg/PS gegenüber 7 bis 8 kg des Explosionsmotors. Neuerdings sind allerdings auch schnellaufende Dieselmotoren gebaut worden, wie der für den Triebwagen der Kanadischen Nationalbahn*) bestimmte, der von Beardmore in Glasgow geliefert wurde und nur etwa 8 kg/PS wiegt. Indessen sind solche Sonderausführungen noch ziemlich teuer und auch noch nicht in den für Lokomotiven erforderlichen Gröfsen erprobt worden.

Zur Kraftübertragung benutzt man in Amerika meist die Elektrizität. Man hat damit angeblich die besten Erfolge erzielt und erwähnt als besondere Vorteile dieser Bauart die bequeme Übertragung vom Wagenkasten zu den Drehgestellen, den einfachen Achs-

*) Organ 1926, S. 173.

antrieb, die Möglichkeit, die Kraftanlage im Wagenkasten selbst unterbringen zu können, die grofse Anpassungsfähigkeit der Übertragung, die leichte Überwachung, sowie endlich die geringe Abnutzung und daher billige Unterhaltung und lange Lebensdauer. Die mechanische Übertragung hält man nur für leichte Fahrzeuge für geeignet; die hydraulische sei zwar sehr anpassungsfähig und habe einen verhältnismäfsig günstigen Wirkungsgrad, fange aber bald an zu lecken und zu verharzen und werde dann sehr unwirtschaftlich.

Die bis jetzt gebauten Diesel Lokomotiven haben, entsprechend den schweren Motoren, im Verhältnis zum Dienstgewicht noch durchweg zu geringe Leistung. Die Ingersoll-Lokomotive*), die in zwei Ausführungen mit 60 und 100 t Dienstgewicht gebaut ist, leistet 5 bzw. 6 PS/t. Die Baldwin-Westinghouse-Lokomotive leistet 11 PS/t, einige weitere im Bau befindliche Lokomotiven 8 bis 14 PS/t. Auch die Verschiebelokomotive von Brill-Westinghouse mit einem Explosionsmotor von 500 PS erreicht nur 6,7 PS/t. Ein erfolgreicher Wettbewerb solcher Lokomotiven mit den neueren amerikanischen elektrischen und Dampflokomotiven, die 25 bis 35 bzw. 18 bis 24 PS/t leisten, ist damit nicht möglich. Dazu kommt noch der Umstand, dafs die Geschwindigkeiten, die sich mit gröfseren Zuglasten erreichen lassen, nur gering sind.

Ein Ersatz der Dampflokomotive oder gar der elektrischen Lokomotive durch die Diesel-Lokomotive kommt demnach auch in Amerika in den nächsten Jahren noch nicht in Frage. Wohl aber ist mit einer vermehrten Einstellung der leichteren Einheiten, der Triebwagen, zu rechnen und auch die Versuche mit der Verbrennungs-Lokomotive scheint man lebhafter betreiben zu wollen.

(Railw. Age 1926, 1. Halbj., Nr. 7 und 15) R. D.

*) Organ 1925, S. 37.

1 D-h 2 Güterzuglokomotive und 2 D-h 2 Schnellzuglokomotive der Polnischen Staatsbahnen.

Der Betriebsmittelpark der Polnischen Staatsbahnen umfafste im Jahre 1923 5030 Lokomotiven, 22 Triebwagen, 8592 Personenwagen, 2619 Gepäck- und Postwagen und 118471 Güterwagen. Die früheren Breitspurlinien sind alle auf Regelspur umgebaut bzw. besitzen eine dritte Schiene. Recht unerwünscht ist aber noch die grofse Verschiedenheit des Fahrzeugparks. Auf dem ehemals österreichischen Gebiet laufen etwa 100 verschiedene Lokomotivgattungen; nur ganz wenige davon wurden nachgebaut. Der überwiegende Teil der Lokomotiven stammt von den früheren Preufsischen Staatsbahnen, nicht nur in den abgetretenen Gebieten, sondern auch im früheren russischen Gebiet. Die breitspurigen, russischen Lokomotiven sind teilweise auf Regelspur umgebaut.

Die Bahnverwaltung ging rasch daran, eigene Bauarten zu schaffen. Die 1 E-h 2 Güterzuglokomotive von Schwartzkopff und die 2 C-h 2 Schnellzuglokomotive der Hanomag sind schon früher beschrieben worden**). Nun sind in Polen selbst drei Lokomotivfabriken gegründet worden. Die erste in Chrzanow bei Krakau wurde unter Beteiligung der Maschinenfabrik der Staatseisenbahngesellschaft in Wien geschaffen. Eine zweite entstand fast gleichzeitig in Warschau und eine dritte bei Posen.

In Chrzanow, das jetzt monatlich sechs bis acht schwere Lokomotiven liefern kann, ist als erste rein polnische Bauart die 1 D-h 2 Lokomotive, Type Tr 21 in 54 Stück gebaut worden.

Der Kessel besteht aus drei Schüssen mit 1800 mm gröfstem Durchmesser. Die Rahmenplatten sind 28 mm stark. Die vordere Adamsachse hat jederseits 55 mm Ausschlag; der Rahmen ist hierfür besonders ausgeschnitten. Bei der ersten Lieferung erhielt die letzte Kuppelachse jederseits 20 mm Seitenspiel; da aber bei den Polnischen Bahnen die geraden Strecken weitaus überwiegen, wurde die Achse später festgelagert und damit der feste Achsstand von 3060 bis 5060 mm vergröfsert. Das Triebwerk nähert sich im Gegensatz zu dem österreichischen Kessel mehr der preufsischen Ausführung; Raddurchmesser und Kreuzkopf sind übernommen; dagegen sind die Köpfe der Kuppelstangen ohne Nachstellkeile ausgeführt. Von der Ausrüstung ist zu erwähnen die Luftdruckbremse von Knorr und die Handsandstreuvorrichtung, die Sand vor die erste und dritte Kuppelachse wirft. Sechs Lokomotiven erhielten Knorr-Vorwärmer. Mit einer grofsen Nachbestellung in Belgien sind nunmehr 190 derartige Lokomotiven im Dienst.

Von der 2 D-Lokomotive, Gattung OS 24, sind 80 Stück in Chrzanow im Bau. Sie lehnt sich ziemlich stark an die 2 D-Lokomotiven der Österreichischen Bundesbahnen*) an. Der Kessel ist hoch gelegt, so dafs der Stehkessel über die Kuppelachsen zu liegen kam. Er besitzt kupferne Feuerbüchse und nach russischem Vorbild an der Decke des Langkessels ein Mannloch. Der Rahmen besteht wie bei der 1 D-Lokomotive aus 28 mm starken Blechen. Die Tragfedern des Drehgestells und der beiden vorderen Kuppelachsen liegen über, die der rückwärtigen Kuppelachsen unter den Achslagern. Die zwei vorderen und hinteren Kuppelachsen sind je durch Ausgleichhebel verbunden. Das Drehgestell mit Rückstellfedern hat beiderseits 35 mm Ausschlag, die letzte Kuppelachse 26 mm Seitenverschiebung, die Spurkränze der zweiten Kuppelachse, die zugleich Treibachse ist, sind um 8 mm verschwächt. Die Treib- und Kuppelzapfen sind aus Chromnickelstahl, die Stangen besitzen nachstellbare Lager. Der Durchmesser der Kolbenschieber beträgt 320 mm, so dafs sich auch bei kleinen Füllungen und grofsen Geschwindigkeiten grofse Ein- und Ausströmquerschnitte und damit geringe Drosselungen ergeben. Einige Lokomotiven haben versuchsweise Lentz-Ventilsteuerung mit liegenden Ventilen erhalten. Die Lokomotiven besitzen Knorr-Bremse und Sandstreuer für Hand- und Druckluftbetrieb, durch den bei Vorwärtsfahrt die Räder der drei vorderen Kuppelachsen, bei Rückwärtsfahrt diejenigen der zweiten Kuppelachse gesandet werden; einige Lokomotiven haben versuchsweise Dabeg-Vorwärmer erhalten. Der Tender ruht auf vier Achsen in einem Rahmen; die beiden mittleren Achsen haben jederseits 8 mm Spiel.

Die Hauptabmessungen der beiden Lokomotiven sind im folgenden zusammengestellt:

	1 D-h 2 Güterzuglokom.	2 D-h 2 Schnellzuglokomotive	
Kesselüberdruck	13	14	at
Zylinderdurchmesser	615	615	mm
Kolbenhub	660	650	"
Kesselmitte über Schienenoberkante	3040	3255	"
Feuerbüchse: Länge und Weite	—	2794 × 1630	"
Heizrohre: Anzahl	178	161	Stck.
" Durchmesser	45/50	45/50	mm
Rauchrohre: Anzahl	26	32	Stck.
" Durchmesser	125/133	125/133	mm
Rohrlänge	4915	5200	"
Heizfläche der Feuerbüchse	15,7 **)	16,10 ***)	m^2
" " Rohre	193,6	183,69	"
" des Überhitzers	58,5	75,50	"
" — im ganzen — H	267.8	275,29	"
Rostfläche R	4,12	4,35	"
Durchmesser der Treibräder	1350	1750	mm
" " Laufräder	1000	1000	"
" " Tenderräder	1034	1000	"
Fester Achsstand	5060	3700	"
Ganzer Achsstand der Lokomotive	7620	9540	"
Reibungsgewicht G_1	64,0	63,2	t
Dienstgewicht der Lokomotive G	78,0	90,0	"
Leergewicht " "	72,0	82,4	"
Dienstgewicht des Tenders	40,0	57,0	"
Leergewicht " "	—	22,38	"
Achsstand " "	3200	4800	mm
Vorrat an Wasser	16,0	27,0	m^3
" " Brennstoff	7,0	9,3	t
H : R	65	61,8	
H : G	3,45	3,07	m^2/t
$H : G_1$	4,2	4,37	"

R. D.

**) Organ 1924, S. 265 und 284.

*) Organ 1925, S. 414 und 1919, S. 95.

**) Wasserberührt.

***) Feuerberührt.

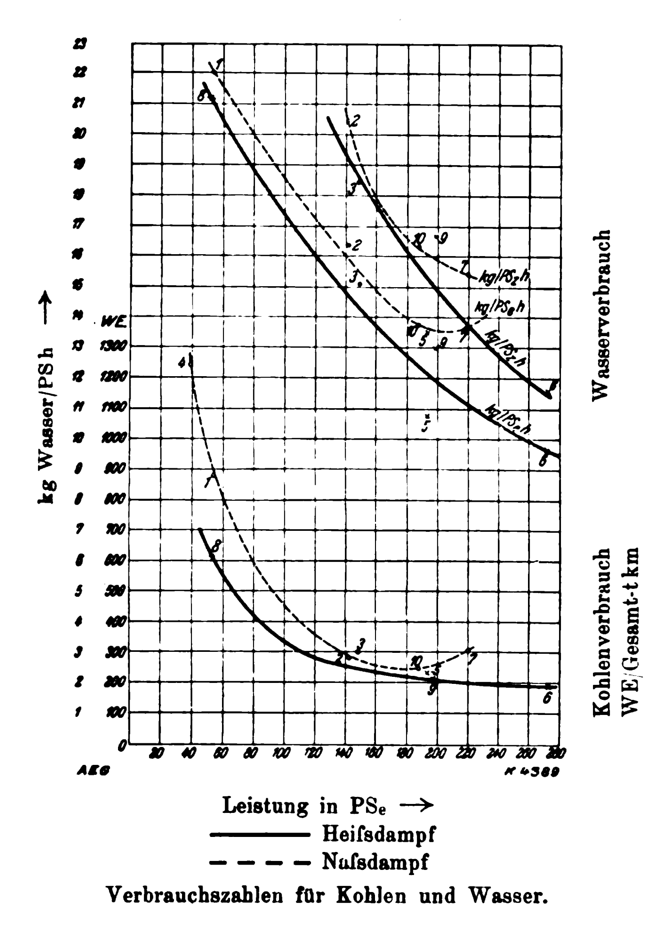
(Die Lokomotive 1925, Heft 5 und 1926, Heft 8.)

Vergleichsfahrten von Heifsdampf- und Nafsdampflokomotiven bei Neben- und Kleinbahnen.

Anläfslich der Lieferung dreier C-Heifsdampftenderlokomotive durch die AEG liefs die Osthavelländische Kreisbahn in Naue



mit diesen und den bereits vorhandenen Nafsdampflokomotiven Vergleichsfahrten anstellen. Der Wasserverbrauch wurde durch Mefslatte, der Kohlenverbrauch mittels Körben gemessen. Da ein Mefswagen nicht zur Verfügung stand, mufste zur Bestimmung der effektiven Maschinenleistung und der Leistung am Zughaken der Fahrwiderstand nach Strahl berechnet bzw. geschätzt werden. Entsprechend den gegebenen Streckenverhältnissen wurden einschliefslich Krümmung und Steigung für die Lokomotive 11 kg/t und die Wagen 4,5 kg/t Widerstand eingesetzt. Die Verschiebeleistungen waren nach Angabe der Kreisbahn als Zuschlag zu den Laufkilometern festgelegt, so dafs hierfür kein Kohlen- und Wasserverbrauch abzuziehen war. Dagegen wurde der Kohlenverbrauch für Aufenthalte nach den Erfahrungswerten berücksichtigt, die Dr. Ing. Müller-Elberfeld in der Verkehrstechnischen Woche 1925, Heft 18, Seite 236 mitteilt. Darnach werden Aufenthalte unter



Verbrauchszahlen für Kohlen und Wasser.

15 Minuten nicht berücksichtigt, weil der in dieser Zeit erzeugte Dampf beim Anfahren wieder verwendet wird. Für Aufenthalte von 15 Minuten und darüber wird mit einem Verbrauch von 0,5 kg Kohle je m² Rost und Minute gerechnet. (Siehe auch Organ 1924, Heft 1, Seite 22.) Ein Wasserverbrauch während der Haltezeit besteht nicht, abgesehen vom Abblasen der Ventile, über das jedoch keine Angaben zur Verfügung stehen.

Die Fahrten fanden alle auf den von Nauen nach Brandenburg bzw. Ketzin führenden Strecken statt, allerdings waren die Fahrlängen verschieden. Der Einflufs des Windes dürfte durch die Ausdehnung der Messungen auf Hin- und Rückfahrt ausgeglichen sein.

Einen grofsen Mangel weist die Versuchsreihe insofern auf, als den Heifsdampflokomotiven gleicher Bauart durchweg leichtere Nafsdampflokomotiven gegenüberstanden und zu den sechs Nafsdampffahrten fünf verschiedene C-Lokomotiven verwendet wurden; aus diesem Grunde ist die Anwendung gleichartiger Versuchsergebnisse der Nafsdampflokomotiven in einer Kurve nur überschlägig zu bewerten.

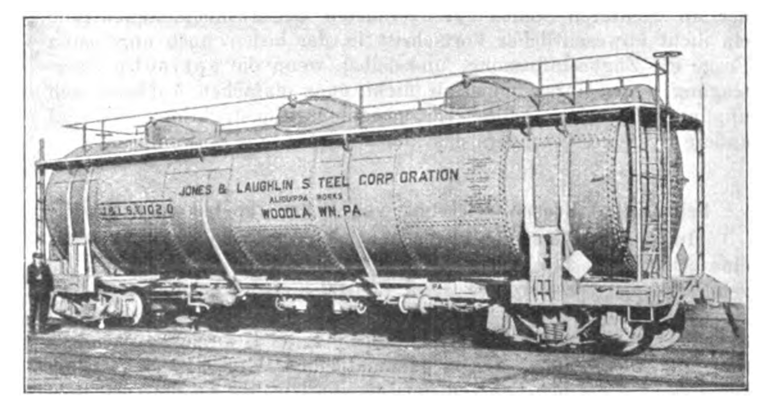
Die Hauptergebnisse der Probefahrten sind in nebenstehendem Diagramm — abhängig von der effektiven Maschinenleistung bzw. der Leistung am Zughaken — zusammengetragen. Die Ziffern geben die Versuchsnummern an.

Trotz aller Mängel läfst sich die Tatsache feststellen, dafs der Kohlen- und Wasserverbrauch der Heifsdampflokomotiven in allen Belastungsfällen geringer als bei Nafsdampflokomotiven ist. Die Kurven für Nafsdampf würden sich bei gleichstarken Lokomotiven den Heifsdampfkurven mehr anschmiegen, doch ist es eine Eigenschaft überhitzten Dampfes, dafs der Wasser- und Kohlenverbrauch über einen gröfseren Leistungsbereich günstigere Werte zeigt. Die Quelle folgert aus den Versuchen, dafs es auch für Klein- und Nebenbahnen richtig ist, Heifsdampflokomotiven an Stelle von Nafsdampflokomotiven zu verwenden.

Nähere Einzelheiten finden sich in den AEG-Mitteilungen 1926, Heft 6. G. H.

Kesselwagen für Steinkohlenteer.

Die Standard-Kesselwagengesellschaft in den Vereinigten Staaten hat kürzlich einen Teerwagen für 75,7 cbm Inhalt erbaut (siehe Abb.). Drei Dome erleichtern das Füllen; aufser den üblichen Abfüllschiebern im Innern befinden sich aufsen noch zwei Ventile zum Entleeren. Der Kessel selbst ist 12,9 m lang und mifst 2,73 m im Durchmesser, das Untergestell 14 m zwischen den Kopfstücken; der Drehzapfenabstand der Drehgestelle beträgt 10,15 m und die Wandstärke der



Steinkohlenteerwagen mit 90 t Tragfähigkeit und 40 t Leergewicht.

Kesselbleche 14 mm. Der Kessel besitzt eine Heizschlange aus 2"-Rohren. Das Leergewicht beträgt 40000 kg bei einer Tragfähigkeit von 90000 kg.

(Railw. Age, 1. Hälfte 1926, Nr. 25.) Bttgr.

Betrieb in technischer Beziehung. Signalwesen.

Optische Signalübertragung.

Unter diesem Titel findet sich in Nr. 42 des Jahrganges 1926 der Zeitung des Vereins Deutscher Eisenbahnverwaltungen ein beachtenswerter Beitrag zu der heute viel erörterten Frage der Zugbeeinflussungseinrichtungen. Der Verfasser, Reichsbahnrat Dr. Ing. Bäseler-München, bespricht zunächst die wichtigsten bisher vorgeschlagenen Übertragungsarten, wobei er ausführt, dafs das Wünschenswerte und Mögliche bisher noch nicht erreicht wurde. Während mechanische und kontakt-elektrische Einrichtungen vor allem an der Profilfrage kranken, bieten magnetische und fernelektrische Übertragungsarten bei grofsem Apparateaufwand längs der Strecke geringe Betriebssicherheit. Überdies genügt es nicht, den Zug an einer Stelle zu überwachen, da die Notwendigkeit, einen in voller Fahrt befindlichen Zug bis zum Hauptsignal unbedingt stellen zu können, hinsichtlich der Wahl des Beeinflussungsorts im Widerspruch mit der Forderung steht, eine zwischen Übertragungsstelle und Hauptsignal irrtümlich vorkommende Bremslösung und damit erneute Gefahr des Signalüberfahrens auszuschliefsen.

Dr. Bäseler schlägt nun eine an mehreren Stellen zwischen Vor- und Hauptsignal anzuordnende, optisch wirkende Kontrolleinrichtung vor. Am vorderen Teil der Lokomotive (also vor Rauchschwaden geschützt) wird ein senkrecht nach oben leuchtender kleiner Scheinwerfer und rings um ihn eine Reihe von Selenzellen angebracht, die bei entsprechend starker Beleuchtung leitend werden

und dann mit Hilfe von Verstärkerröhren die Notbremse auslösen. Über den lichtempfindlichen Zellen bewegt sich eine vom Geschwindigkeitsmesser gesteuerte Scheibe, die die Zellen mit abnehmender Geschwindigkeit der Reihe nach überdeckt. Zwischen Vor- und Hauptsignal befinden sich längs der Strecke eine Reihe von „Raum“-spiegeln (Bauart Zeiss), die bei offenem Signal bedeckt sind, sonst aber vermöge ihrer besonderen Einrichtung das vom Scheinwerfer erzeugte Licht in die ihnen zugeordnete Selenzelle werfen, wobei nur ihre Winkelstellung in der Horizontalebene, nicht aber Verschiebungen in anderen Richtungen von Einfluſs sind. Passiert der Zug eine Übertragungsstelle mit einer entsprechend der Haltstellung des herannahenden Hauptsignals unzulässig hohen Geschwindigkeit, so ist die entsprechende Selenzelle noch offen und die Schnellbremse wird ausgelöst. Selbst wenn noch kurz vor dem „Halt“ gebietenden Signal wider Erwarten die Betriebsbremsung aufgehoben und die Geschwindigkeit wieder erhöht wird, so tritt beim letzten, der Geschwindigkeit 0 km/Std. zugeordneten Spiegel noch genügend früh die Notbremsung ein. Von besonderem Vorteil ist es, daſs die einzelnen Spiegel voneinander unabhängig arbeiten und hierdurch die Sicherheit der Wirkung gewissermaſsen potenziert wird. Schädliche Nebeneinflüsse, wie Sonnenlicht, Nebel, Schnee oder Staub werden durch geeignete Vorkehrungen weitgehend ausgeschaltet. Dagegen soll nicht unerwähnt bleiben, daſs auch von Dr. Bäseler selbst die bei hohen Geschwindigkeiten auſserordentlich kurze Belichtungszeit der Selenzellen von etwa $^1/_{100}$ Sekunde als Schwierigkeit gebucht wird, wobei noch hinzukommt, daſs es zur Vermeidung unbeabsichtigter Auslösungen notwendig sein dürfte, den von einer für einen Augenblick unter dem Einfluſs des Scheinwerfers stehenden Selenzelle geführten Strom wesentlich höher zu halten als denjenigen, der dem Widerstand aller parallel geschalteten Zellen entspricht, wenn diese unter dem Einfluſs des gewöhnlichen Tageslichts stehen. Vielleicht gelingt es jedoch dem Einfluſs des letzteren zu begegnen, etwa durch Ersatzwiderstände, die die Widerstandszunahme der durch Abdeckung völlig verdunkelten Zellen ausgleichen und abhängig von der Deckscheibe eingeschaltet werden.

Jedenfalls ist aber der von Dr. Bäseler eingeschlagene Weg der an mehreren Stellen durchgeführten Geschwindigkeitskontrolle ein nicht unwesentlicher Fortschritt in der bisher noch ungelösten Frage der Zugbeeinflussung, und selbst, wenn die optische Übertragung wegen ihres immerhin nicht ganz einfachen Aufbaus sich ungünstig erweisen sollte, bei geeigneter Konstruktion auch auf andere Systeme, besonders das kontaktelektrische, anwendbar.

v. G.

Selbsttätige Bremsvorrichtung von Miller für Lokomotiven.

In der Zeitschrift Railway Age, 1926, S. 1257 und 1258 ist eine selbsttätige Bremsvorrichtung von Miller beschrieben, die an zehn Lokomotiven der New York Central-Eisenbahn angebracht ist. Die Einrichtung besteht aus einem Sender A neben der rechten Schiene des Gleises (Abb. 1), einem Empfänger B an der Lokomotive (Abb. 2) und einem elektro-pneumatischen Ventil C über dem Empfänger B an dem Rahmen der Lokomotive. Sie ist im April 1926 in Betrieb genommen worden.

Der Sender A liegt in geringem Abstand neben der Schiene (Abb. 1) und ist gleich hoch mit Schienenoberkante, er kommt nicht in Berührung mit dem Schneepflug usw., er berührt auch nicht die unten hängenden Teile der Lokomotive. Der Empfänger B hängt an zwei Flacheisen am rechten Rahmen der Lokomotive und zwar so, daſs er genau über den Sender A hinwegstreicht auch bei seitlichen und senkrechten Bewegungen der Maschine. Er wird durch nichts im Gleis gestört, da er nicht über die weitesten seitlichen Teile der Maschine hinwegreicht. Bei einer dritten Zuleitungsschiene für den elektrischen Betrieb ist eine Berührung derselben durch den Empfänger nicht möglich. In seiner Höhe ist B so angebracht, daſs seine magnetische Kraft den Sender A erreicht.

Die Wirkungsweise ist folgende. Im Sender A sitzen zwei Spulen in einem Magneten, der Strom von einer Stromquelle erhält. Über A bewegt sich der Empfänger B, der ebenfalls aus zwei Spulen und einem Magneten besteht. Sowie A über B hinweggeht, entstehen durch Induktion Stromstöſse von A aus in B, die ein elektropneumatisches Ventil C am Rahmen der Lokomotive öffnen, daſs die Bremsen des Zuges anzieht. Die Anziehung wirkt stoſsweiſse, je schneller die Lokomotive fährt, um so gröſser ist die Induktionswirkung.

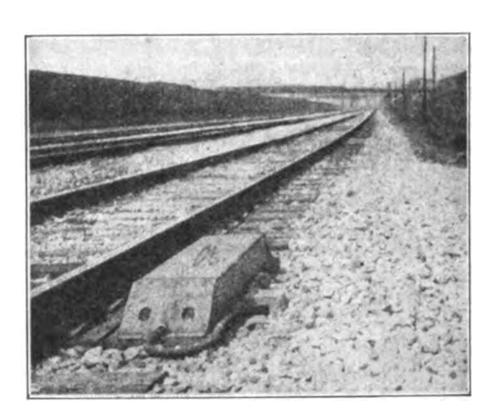


Abb. 1.

Für die Streckenteile ist keine Batterie oder irgend eine örtliche Kraftquelle erforderlich, sie werden vielmehr mit Strom durch die Signalrelais versorgt und wiederholen die Signalzeichen auf der Lokomotive. Der Apparat ist einfach und klein, stört in keiner Weise selbst bei der dritten Schiene für den elektrischen Betrieb nicht; er liegt innerhalb der von der Lokomotive hervorstehenden Teile.

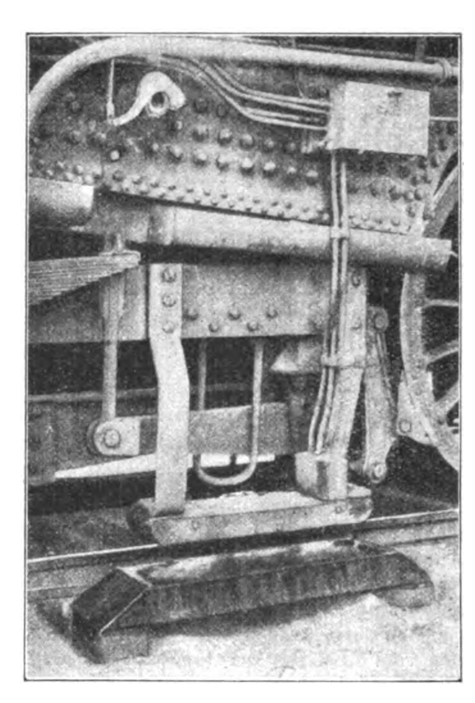


Abb. 2.

Bei den Versuchen, die die Reichsbahnverwaltung neuerdings macht, um die Signalzeichen auf die Lokomotive des fahrenden Zuges zu übertragen und die Bremsen zu beeinflussen, verdient dieser einfache Apparat Beachtung, da er ohne Streckenanschläge arbeitet.

Rd.

Verschiedenes.

Studiengesellschaft für Rangiertechnik.

Zur Erforschung aller Fragen, die die Erhöhung der Leistungsfähigkeit der Rangierbahnhöfe betreffen, ist eine aus Vertretern der Deutschen Reichsbahn-Gesellschaft, der Eisenbahnwissenschaft und der einschlägigen Eisenbahnindustrie gebildete Studiengesellschaft für Rangiertechnik mit dem Sitze in Berlin gegründet worden.

Die Gesellschaft ist aus fünf Vertretern der Deutschen Reichsbahn-Gesellschaft, fünf Vertretern der Eisenbahnwissenschaft und Vertretern der Eisenbahnindustrie zusammengesetzt.

Die Geschäftsstelle der Gesellschaft befindet sich beim Eisenbahnzentralamte in Berlin.

Für die Schriftleitung verantwortlich: Reichsbahnoberrat Dr. Ing. H. Uebelacker in Nürnberg. — C. W. Kreidel's Verlag in München.
Druck von Carl Ritter, G. m. b. H. in Wiesbaden.

Abb. 3. Bahndiagramm d

vo

mm der 2 C 1

nderlokomotive.

kg/PS,h

Spezifischer Dampfverbrauch

$Q'_{ind} = B, R, z$

$Q = 9,3(400(K-v) + 50)n$

B = 600 kg/h, m²

B = 480 kg/h, m²

B = 400 kg/h, m²

B = 350 kg/h, m²

B = 300 kg/h, m²

B = 250 kg/h, m²

B = 200 kg/h, m²

B = 150 kg/h, m²

B = 100 kg/h, m²

Maßstäbe:

Dampfmenge	1 mm = 200 kg/h
Leistung	1 mm = 20 PS
Zugkraft	1 mm = 400
Fahrgeschwindigkeit	1 mm = 2 km/h

1675 1880 1995 2010

600 800 1000 1200 1400 1600 1800 2000 2200 2400 0

Leistung in PS

Weglinie

Fahrgeschwindigkeit

Brenngeschwindigkeit

km/h

V_{max} 90

kg/h m²

R = 30 mm 10

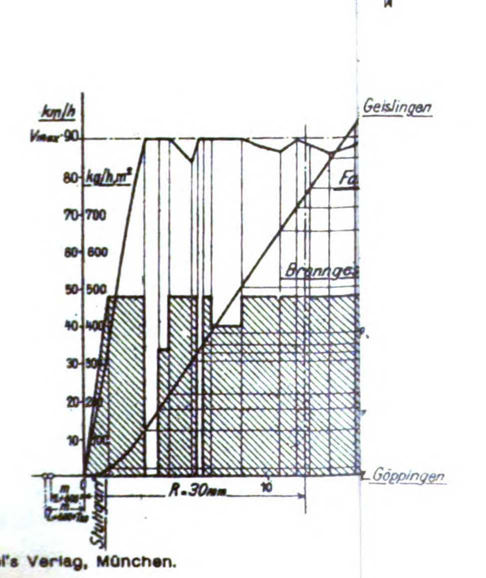
Ulm

Stuttgart

Abb. 4. Bahndi

Fahrstrecke

Zum Aufsatz:
Die mechanisch angetriebene Diesellokomotive mit fester Übersetzung und mehreren, einzeln kuppelbaren Motoren.



C. W. Kreidel's Verlag, München.

Lith. Anst. v. F. Wirtz, Darmstadt.

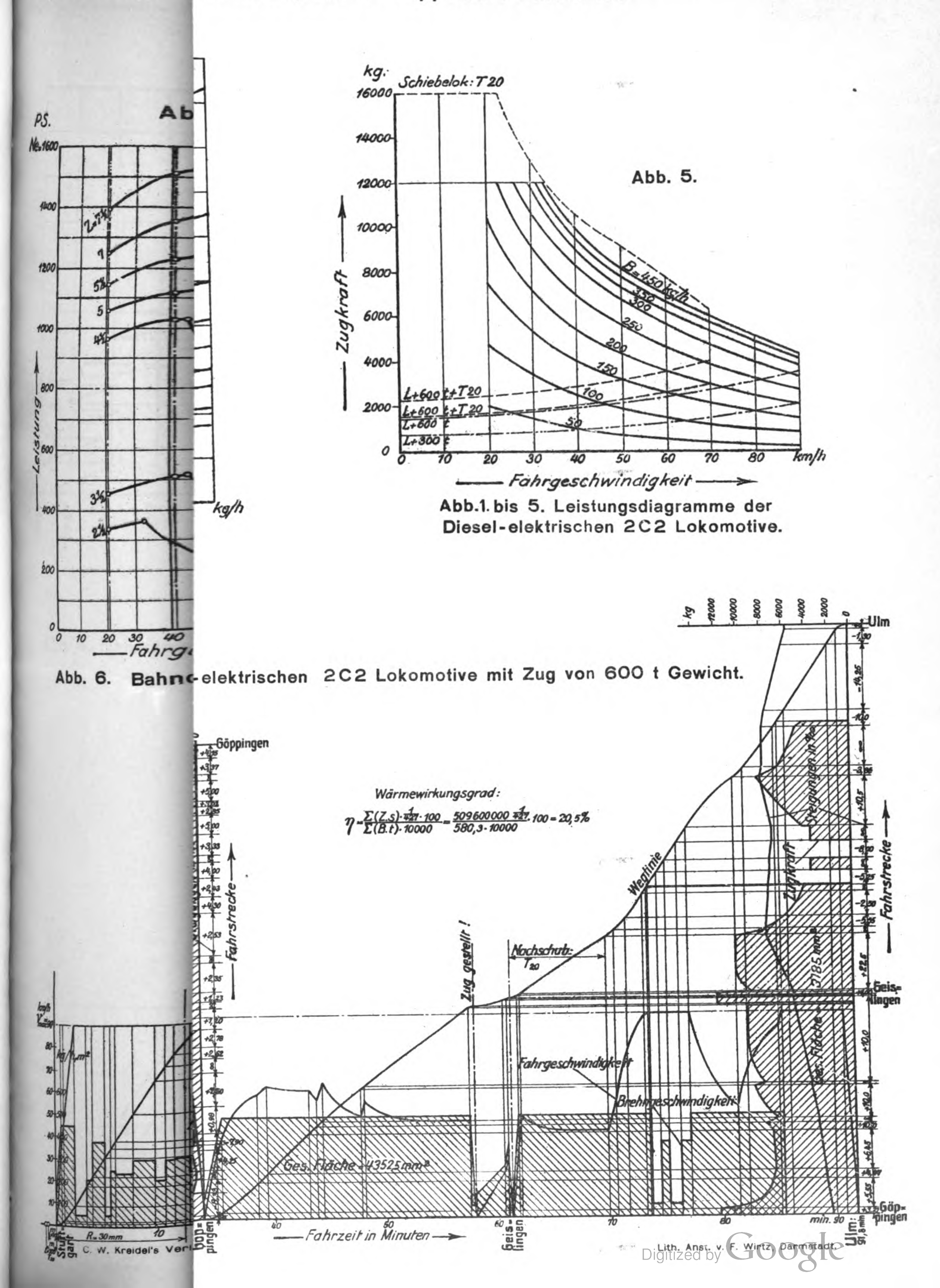


Abb.1. bis 5. Leistungsdiagramme der Diesel-elektrischen 2C2 Lokomotive.

Abb. 6. Bahn-elektrischen 2C2 Lokomotive mit Zug von 600 t Gewicht.

Lith. Anst. v. F. Wirtz, Darmstadt.

Abb. 1. bis 3. Leistungsdiagramme der elektrischen 2B-B2 Lokomotive.

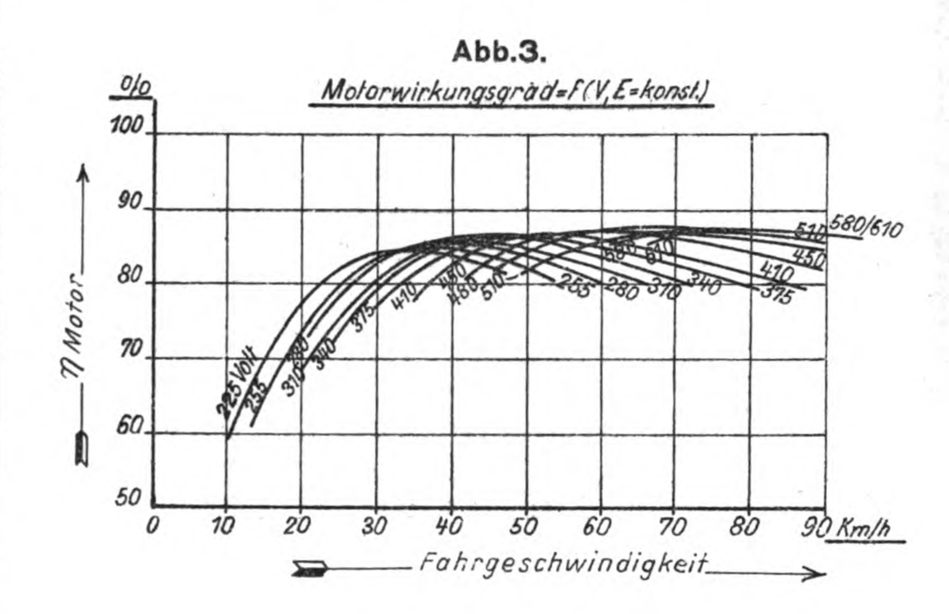


Abb. 4. Bahndiagramm …ktrischen 2B-B2 Lokomotive mit Z… 600 t Gewicht.

Wirkungsgrad d. Motors im Mittel $\eta^1 = \frac{\Sigma(\eta^0 t')}{\Sigma t'} = 85,4\%$

" " " Wärmekraftwerkes $\eta^2 = 13,9\%$

" " " Kraftübertragung $\eta^3 = 75\%$

" " " Transformators etc. $\eta^4 = 94\%$

Wärmewirkungsgrad:

$\eta = \eta^2 \cdot \eta^1 \cdot \eta^3 \cdot \eta^4 = 13,9\% \cdot 0,854 \cdot 0,75 \cdot 0,94 = 8,4\%$

Göppingen — Geislingen — Ulm — Stuttgart — Weglinie — Fahrgeschwindigkeit — Motortemperatur — Stromstärke — Motorwirkungsgrad — Zugkraft — Steigungen in ‰ — Fahrstrecke — Fahrzeit in Minuten

C. W. Kreidel's Verlag, München.

Lith. Anst. v. F. Wirtz, Darmstadt.

ehreren, einzeln kuppelbaren Motoren.

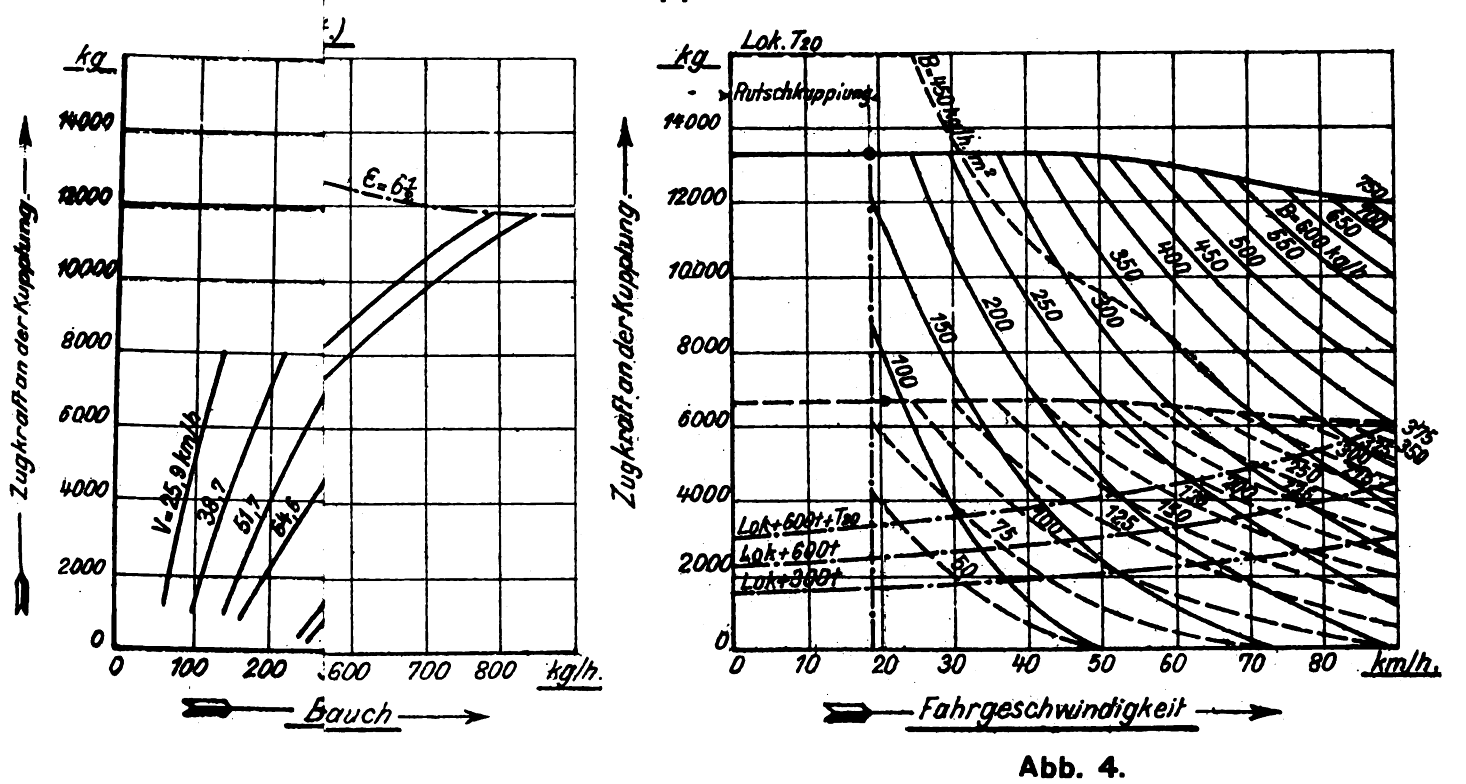


Abb. 4.

nisch angetriebenen 2 C 2 Diesellokomotive mit Abwärmeverwertung.

Abb. 5. Bah hanisch angetriebenen 2 C 2 Diesellokomotive

Zug von 600 t Gewicht.

Wärmewirkungsgrad

$$\eta = \frac{\Sigma(Z.s)\frac{1}{427}.100}{\Sigma(B.t).10000} = \frac{611\,600000\frac{1}{427}.100}{508,2.10000} = 28,5\%$$

Göppingen · Geislingen · Ulm · Fahrstrecke · Steigungen in ‰ · Weglinie · Zugkraft · Nachschub T20 · Zug gestellt! · Bremsgeschwindigkeit · Fahrgeschwindigkeit · Ges. Fläche · Jn Betrieb: 1 Motor, 2 Motore · Vmax=90 · km/h · kg/h · R=30mm · Fest-Rutsch-Kupplung · R.K. · F.K. · Fahrzeit in Minuten · min.

C. W. Kreidel's Verlag, München. Lith. Anst. v. F. Wirtz, Darmstadt.

1927
82. Jahrgang.

Heft 4
28. Februar

ORGAN
FÜR DIE
FORTSCHRITTE DES EISENBAHNWESENS

TECHNISCHES FACHBLATT
DES VEREINS DEUTSCHER
EISENBAHNVERWALTUNGEN



HERAUSGEGEBEN VON
DR. ING. H. UEBELACKER
C. W. KREIDEL'S VERLAG · MÜNCHEN

Inhalt:

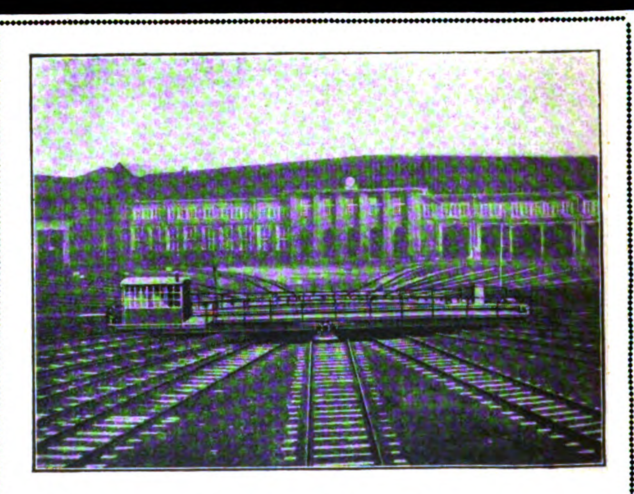
Gleisumlegung mit maschinellen Hilfsmitteln. Bach. 57. — Taf. 10.

Neue Motordräsine der norwegischen Staatsbahn. 69.
Zur Frage der Tränkung des Kernes in Kernholzarten. 69.
Der Moffat-Tunnel (Vereinigte Staaten von Nordamerika). 69.
Schnellzugverkehr und Oberbau bei der französischen Nordbahn. 70.
Unterhaltung von stark gekrümmten Gleisen. 70.
Die Entlüftung des Tunnels von Mornay. 71.
Über Laschenbrüche. 71.

Besprechungen.
Die Förderung von Massengütern. Von Georg v. Hanffstengel. 72.
Zillich, Statik für Baugewerksschulen und Baugewerksmeister. 72.



ORION
ORION
UNIVERSAL-
HOCHLEISTUNGS-SÄGEMASCHINE
Mit regulierbarem Vorschub des Sägeblattes durch Ölpreßpumpe
ORION
Konkurrenzlos in Schnittleistungen und Schonung der Sägeblätter
GORNIG & SEVERIN
MASCHINENFABRIK·DRESDEN-A.28



Organ für die Fortschritte des Eisenbahnwesens

Technisches Fachblatt des Vereins Deutscher Eisenbahn-Verwaltungen

Schriftleitung: **Dr. Ing. H. Uebelacker, Nürnberg,** unter Mitwirkung von **Dr. Ing. A. E. Bloss, Dresden.**

82. Jahrgang | **28. Februar 1927** | **Heft 4**

Gleisumlegung mit maschinellen Hilfsmitteln.

Erfahrungen und Ergebnisse bei der Reichsbahndirektion Elberfeld*).

Von Reichsbahnoberrat **Bach**, Elberfeld.

Hierzu Tafel 10.

Inhaltsübersicht: 1. Kran und Kranmaschine. — 2. Der Kran als Drehkran. — 3. Der Kran als Schwenkkran. — 4. Der Zusammenbauplatz der Joche. — 5. Die Kranmannschaft und ihre Arbeit. — 6. Das Auseinandernehmen der alten Joche. — 7. Der Kran im Vergleich zu Gleislegemaschinen. – 8. Weitere maschinelle Hilfsmittel. — 9. Zeit- und Wertersparnisse. — 10. Einfluſs auf die Stoffwirtschaft. — 11. Förderung und Hemmung durch den Betrieb.

Bei der Jahrhundertfeier der englischen Eisenbahnen (1925) und bei dem gleichzeitig damit abgehaltenen Internationalen Eisenbahnkongreſs in London veröffentlichte die englische Firma Herbert Morris eine Denkschrift über eine »Gleislegemaschine« **), die sie nach den Patenten des Oberingenieurs der irischen »Groſsen Südbahn«, Bretland, gebaut und auf deren Strecken in mehrmonatlicher Tätigkeit mit Erfolg erprobt hatte: um ganze Gleisjoche mit einem Male zu heben oder zu senken, vorwärts oder rückwärts zu bewegen. Die Veranlassung zum Bau dieser Maschine war die augenfällige Tatsache, wie es in der diesbezüglichen Besprechung des »Organ« 1926, Heft 4 von den englischen Bahnen***) heiſst, »daſs bei der Arbeit am Gleis wenig grundlegende Fortschritte zu verzeichnen sind. Die Arbeitsgeräte und Arbeitsverfahren haben sich auch im Laufe von Jahrzehnten kaum gewandelt. Die Handarbeit beherrscht das Feld nach wie vor fast vollständig.«

Dasselbe konnte bis vor wenigen Jahren auch von der Deutschen Reichsbahn gesagt werden. In letzter Zeit regt es sich aber überall, Änderungen zu treffen und zu erproben und die bestehenden Verhältnisse durch entsprechende Hilfsmittel zu verbessern und zu verbilligen. Eine der ersten mechanischen Neuerungen waren die Füllkästen der Reichsbahndirektion Oldenburg†), die das Hochstopfen des Kleinschlags in den Hohlraum der eisernen Querschwellen ersparten, ferner die Gleisstopfmaschine, die nach den Angaben des Reichsbahnoberrats Hampke, Altona, ausgeführt wird.

Einen lebhaften Antrieb brachte die Eisenbahnausstellung in Seddin, Herbst 1924, auf der die Mannheimer Maschinenfabrik Mohr und Federhaff für die »Gleisumlegung mit maschinellen Hilfsmitteln« einen Dampfkran — zu dem gleichen Zweck wie die irische Maschine — und einen Schotterpflug††) zur Beseitigung der alten Bettung vorführte. Kurz hinterher fanden im Bezirk der Reichsbahndirektion Nürnberg Versuche statt, nach der Bettungserneuerung das langwierige Zusammenrütteln des Kleinschlags, das bisher der Betrieb besorgte, durch eine Walze†††) zu ersetzen und zu beschleunigen. Und schlieſslich seien noch die Kleinschlagselbstentladewagen erwähnt, die, in allerletzter Zeit erprobt, durch ihre Einrichtung beim Entladen des Kleinschlags Zeit und Kraft sparen.

Alle diese maschinellen Hilfsmittel wurden während der Sommer- und Herbstmonate 1925 und während der ganzen Bauzeit 1926 bei »Gleisumlegung« an verschiedenen Stellen der Reichsbahndirektion Elberfeld, je nach Bedarf einzeln oder zusammen, benutzt und zwar, das sei schon hier gesagt, mit vollem Erfolg. Mögen die folgenden Ausführungen über die dabei gemachten Erfahrungen und erzielten Ergebnisse anregend wirken und dazu beitragen, das neue »Arbeitsverfahren« auszubauen und zu vervollkommnen.

1. Kran und Kranmaschine.

Wie aus Textabb. 1 ersichtlich, ist der Kran bei 10,5 m Auslage für eine Belastung von 3,5 t eingerichtet und dadurch

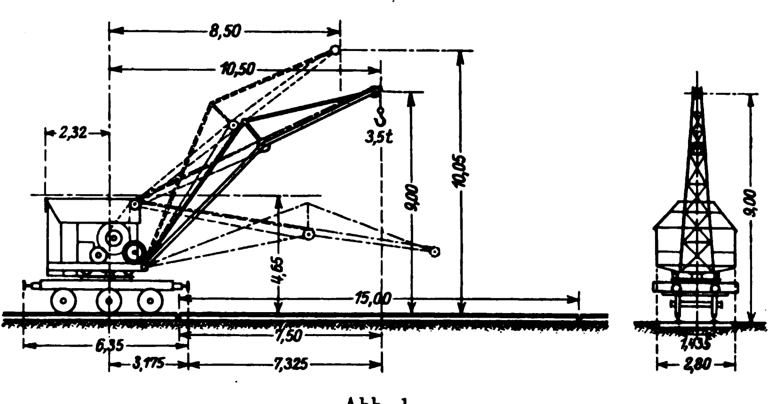


Abb. 1.

imstande, ein aus 15 m-Schienen, eisernen Schwellen und Kleineisenzeug bestehendes Gleisjoch, dessen Gewicht je nach der Oberbauform: 8, 15, B/S 49 oder O/S 49 zwischen 3,3 und 3,5 t schwankt, geschlossen zu heben, zu senken oder zu drehen.

Die Kranmaschine ist mit ihrem Kessel, Windwerk, Königsstuhl usw. auf einem Kranwagen aufgebaut, der mit den bei Eisenbahnfahrzeugen vorgeschriebenen Achsen, Federn, Puffern, oder wie die Firma in ihren Druckschriften sagt, »eisenbahnmäſsig« ausgerüstet ist und daher in jeden Zug eingestellt und überall hin verfahren werden kann. Sie hebt oder senkt und dreht nicht nur die Gleisjoche, sondern gibt auch dem Kranwagen eine Eigengeschwindigkeit von rund 5 km/h und gestattet auſserdem noch die Mitnahme von zwei SS-Wagen, zum Be- oder Entladen der Joche, so daſs unter Umständen eine Arbeitslokomotive erspart werden kann.

Nach Vorversuchen in den Bezirken der Reichsbahndirektionen Karlsruhe und Berlin wurden die ersten zusammenhängenden Arbeiten mit dem Kran, wie gesagt, Herbst 1925 bei verschiedenen Gleisumbauten der Reichsbahndirektion Elberfeld durchgeführt, wobei sich zwei verschiedene Arbeitsarten, dem Arbeitsfeld entsprechend, herausbildeten.

*) Zum Aufsatz mit gleicher Überschrift im Organ 1926, Heft 4 über die Erfahrungen und Ergebnisse bei der „Irischen Südbahn".

**) „Morris Track-Layers", von Herbert Morris, Ltd., Loughborough, England.

***) Siehe auch „Engineering" vom 22. 1. 1926.

†) Siehe auch „Wochenschrift für deutsche Bahnmeister", Jahrgang 1924, Heft 15: „Zu den Vorschlägen einer neuen Schienenbefestigung", von Eisenbahnoberingenieur Helmke, Oldenburg.

††) Siehe: „Verkehrstechnische Woche", Jahrgang 1925, Heft 18, „Neuerungen im Gleisbau", von Reichsbahnrat Dr. Ing. Hans Busse.

†††) Siehe „Organ", Jahrgang 1925, Heft 2: „Gleisumbau auf gewalzter, statt gestampfter oder unterkrampter, neuer Schotter-Bettung", von Reichsbahnoberrat Wöhrl, Nürnberg.

2. Der Kran als Drehkran.

Bei dem Gleisumbau Gevelsberg-Nord—Schwelm-Loh auf der Strecke Hagen—Düsseldorf, Abb. 1, Taf. 10 hatte der Kran freies Kranspiel, d. h. er hob ein altes Joch heraus, drehte es ungehindert um 180° und verlud es auf einen angehängten Wagen. Ohne Zuhilfenahme einer Arbeitslokomotive brachte der Kran diesen Wagen, nachdem er mit sechs bis sieben Jochen vollständig beladen war, zu der aufser Betrieb gesetzten Abzweigung einer nahe gelegenen Blockstelle und holte sich dafür einen leeren Wagen. Umgekehrt erfolgte der Einbau der neuen Joche, die inzwischen mit Hilfe des Krans zusammengebaut waren. (Siehe Abschnitt 5.) Bei dem Voranschreiten des Umbaues mufste eine besondere Arbeitslokomotive das Abholen und Heranbringen der Wagen besorgen, weil die Entfernung zwischen Umbaustelle und Zusammenbauplatz ständig gröfser wurde und infolgedessen durch die geringe Fahrgeschwindigkeit des Krans zu viel Zeit verbraucht worden wäre. Nichtsdestoweniger hat der Kran gezeigt und bewiesen, dafs er unter günstigen Umständen eine Arbeitslokomotive ersetzen kann.

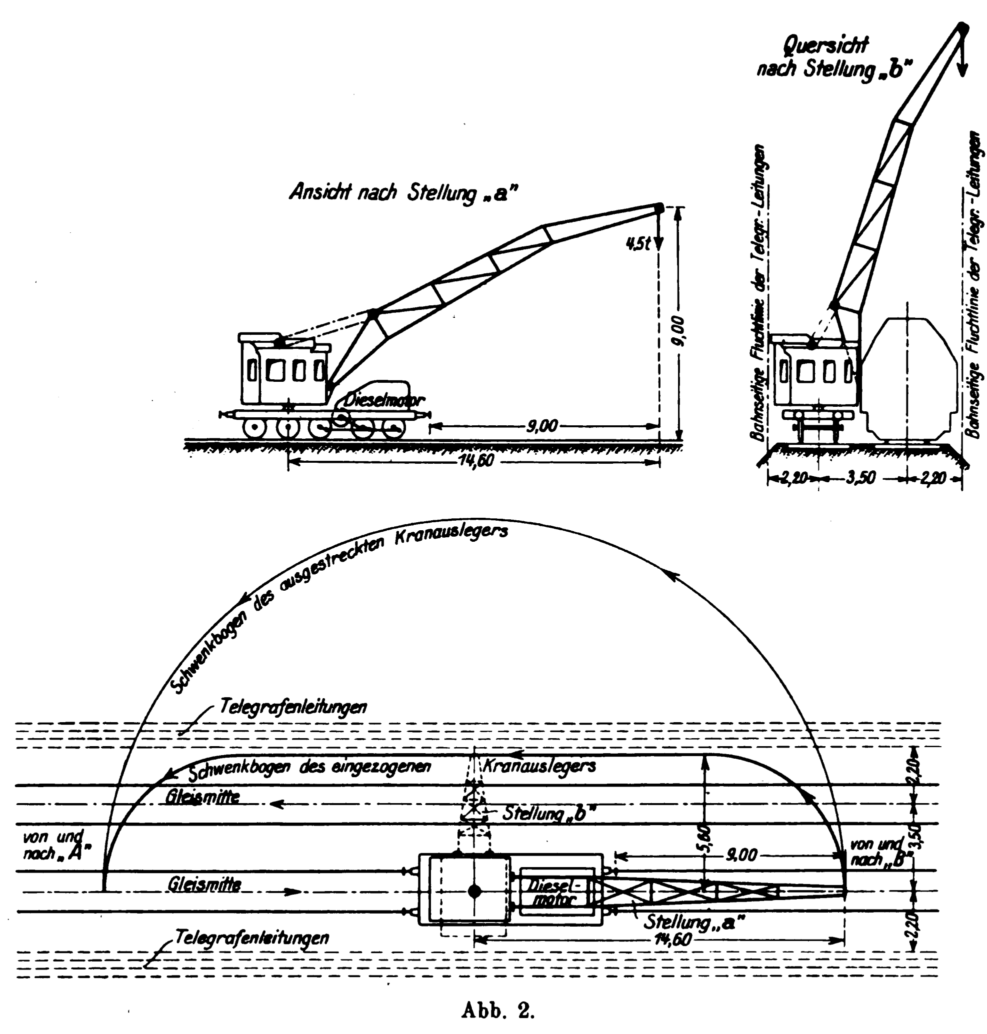


Abb. 2.

Als nachteilig ist zu bezeichnen, dafs das Kranhäuschen beim Drehen um 180° in die Lichtraumumgrenzung des Nachbargleises kommt. Dieser zweifellos nicht geringe Übelstand machte sich bei der Baustelle in Gevelsberg weniger hindernd bemerkbar, weil es sich um eine verhältnismäfsig nicht stark belegte, vorwiegend für Güterzüge bestimmte Strecke handelte, mit reichlich langen Betriebspausen, so dafs der Kran frei, uneingeschränkt arbeiten und drehen konnte, ohne den Betrieb auf dem Nachbargleis zu stören oder zu gefährden. Da die Strecke sehr übersichtlich war, wurde jeder Zug schon von weitem gesichtet, aufserdem wurde er vorher auf einem tragbaren Streckenfernsprecher gemeldet, so dafs der Kran stets rechtzeitig in Ruhestellung gebracht werden konnte.

Schliefslich ist noch zu erwähnen, dafs der Kran, wenn er in scharfen Krümmungen mit starker Überhöhung steht, wegen der dadurch veranlafsten Schrägstellung durch besondere Stützen oder Klauen gegen Kippen beim Drehen gesichert werden mufs. Nach Textabb. 1 mufs er, um ungehindert drehen zu können, mindestens einen freien Spielraum von 8,5 m haben, weil er nur so weit herangezogen werden kann. Der Kran kann also in engen, tiefen Einschnitten mit steilen Wänden oder auf zweigleisigen Strecken mit beiderseitigem Gestänge nicht drehen.

Auf Grund dieser Erfahrungen, das sei hier schon vorweggenommen und hervorgehoben, ist daher von einem Kran, der möglichst überall verwendbar sein soll, wie es in Textabb. 2*) angedeutet ist, zu fordern:

1. Erhöhung der Belastung auf 4,5 t, um auch 18 m-Joche bewegen zu können;
2. Verstärkung der Kranmaschine, um den Kran mit einer gröfseren angehängten Wagenlast schneller als bisher mit eigener Kraft befördern zu können;
3. Innehaltung des Lichtraumes durch das Kranhäuschen beim Drehen um 180°;
4. Ausschaltung der Kippgefahr**);
5. Einzug des Kranauslegers bis auf 5,5 m unter gleichzeitiger Bewegung der Last.

Bei dieser ersten Gleisumlegung mittels Drehkrans dauerte der Ausbau, d. h. Aufheben, Schwenken um 180° und Verladen der alten Joche, nach Einarbeiten der Kranmannschaft insgesamt je 3,5 Minuten, der Einbau je 6,5 Minuten. Dabei mufs besonders hervorgehoben werden, dafs für die eisernen Hohlschwellen Schwellenbänke mittels »Füllkästen« hergestellt waren, auf die die neuen Joche »aufgestülpt« wurden. Da Schwellenteilung und die Entfernung der Schwellenbänke untereinander genau übereinstimmten, so wurden sie durch dieses »Aufstülpen« in keiner Weise beschädigt oder gar umgestofsen. Die Kranmannschaft, die für Aus- und Einbau notwendig war (siehe Abschnitt 5), bestand neben dem Kranführer nur aus zehn Mann. Alles in allem genommen, liefs bereits dieser erste, in einigem doch nur unzulänglich vorbereitete Versuch erkennen, was durch Gleisumlegung mit maschinellen Hilfsmitteln erspart werden kann.

3. Der Kran als Schwenkkran.

Die zweite Arbeitsart, für die der Kran sich am besten eignet, ist in den Jahren 1925/26 beim Ausbau an zehn und beim Einbau an sechs verschiedenen Stellen angewandt worden. Abb. 2, Taf. 10 von der Baustelle Vohwinkel auf der Strecke Düsseldorf—Elberfeld und Abb. 3, Taf. 10 von der Baustelle Heidschott

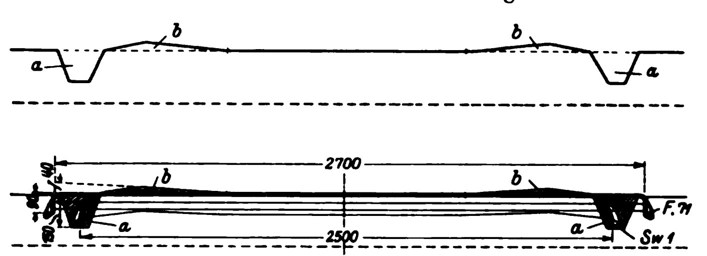
*) Zusammengestellt nach den Entwürfen verschiedener Kranfirmen, besonders nach denen der Fürst Stolberg-Hütte, Ilsenburg.

**) Siehe: „Arbeiterschutz", Jahrgang 1926, Heft 3: „Kippsicherheit fahrbarer Auslegerkrane" von Dr. Struwe, Hamburg.

auf der Strecke Hagen-Siegen zeigen das Grundsätzliche dieser Arbeitsart. Der Kran braucht zur Be- oder Entladung der Joche nicht mehr um 180° zu drehen, sondern nur eine kurze Schwenkung zwischen Umbau- und Nachbargleis zu machen. Einzelheiten gehen ohne weitere Erklärung aus den in den Abbildungen angegebenen Arbeitsabschnitten hervor.

Auch hierbei wurden an zwei Baustellen die neuen Joche auf vorher fertiggestellte Schwellenbänke ohne Schwierigkeit und ohne sie zu beschädigen in je 6 bis 6,5 Minuten aufgestülpt.

Bei den übrigen vier Baustellen wurde Reichsoberbau B S 49 oder O/S 49 auf kurz vorher erneuter Bettung ohne Benutzung von Füllkästen in folgender Weise verlegt. Nachdem die alten Schwellenbänke der ausgebauten Joche mit Harken eingeebnet waren, wurden zwei mit der Richtung der Gleisachse gleichlaufende, etwa 15 cm tiefe Rillen in 2,5 m Entfernung voneinander, der Länge der neuen Schwelle entsprechend, hergestellt, damit die Schwellenkrampenenden beim Einbau der neuen Joche nicht auf Kleinschlag stofsen oder sich darauf festsetzen konnten (Textabb. 3). Der ausgehobene Kleinschlag wurde nach innen neben die Rillen so auf die Bettungsoberfläche geworfen, dafs er einen Wulst bildete, der den aufgebauchten Enden des Schwellenhohlraumes entspricht. Wie bereits erwähnt, war die Bettung wenige Monate vor dem Gleisumbau erneuert worden, war mithin in sich noch nicht fest zusammengerüttelt und sogar durch das Einebnen der alten Schwellenbänke in ihrer obersten Schicht etwas aufgelockert. Als dann beim Vorstrecken der rund 14 t schwere Kranwagen auf den neu-



a = Rillen zur Aufnahme der Schwellenkrampen.
b = Wulst aus dem Kleinschlag der Rillen.
Abb. 3.

verlegten Jochen von Stofs zu Stofs vorwärts fuhr, wurden die Schwellen durch sein Gewicht ohne Schwierigkeit in die Bettung eingeprefst, einmal wegen deren lockeren Gefüges, dann auch wegen der freigelegten Rillen, in denen die Krampenenden auf keinen Widerstand stiefsen. Dieses Einpressen gleicht einem ersten Anstopfen, da genügend und so viel Kleinschlag unter die Schwellen, besonders durch den Wulst, unter das Schienenauflager kommt, dafs das Nach- und Feststopfen bedeutend erleichtert und beschleunigt wird. Infolgedessen kann das neue Gleisstück sofort nach Zusammenschlufs und Durchrichten der Joche für den Betrieb, zuerst noch unter Langsamfahrt, wieder freigegeben werden, ohne ein Verfahren oder Verdrücken der Schienen und Schwellen befürchten zu müssen.

4. Der Zusammenbauplatz der Joche.

Von erheblichem Einflufs auf den täglichen Fortschritt des Gleisumbaues sind Gestalt, Gröfse und Lage des Platzes, auf dem die Joche zusammengebaut werden. Man mufs darauf achten, dafs ein möglichst langes Krangleis und langgestreckte, genügend grofse Freiflächen vorhanden sind. Grofse Breite des Arbeitsplatzes ist nicht erforderlich. Vor Beginn der Arbeit müssen die ankommenden Schwellen und Schienen ordnungsmäfsig, nicht zu eng gestapelt werden, um sie nachher beim Zusammenbau bequem greifen, ausbreiten und aufeinanderlegen zu können. Wichtig für den Erfolg ist die Entfernung zwischen Zusammenbauplatz und Umbaustelle, damit nicht zu lange An- und Abfahrwege der Joche die vorhandenen Betriebspausen, über deren Dauer und Bedeutung für die Gleisumlegung mit maschinellen Hilfsmitteln Abschnitt 11 Aufschlufs gibt, unnütz verkürzen. Daher ist es meist ausgeschlossen, in einem Oberbaustoff-Haupt- oder -Nebenlager die Joche zusammenzusetzen, obwohl die vorhandenen Gleisanlagen und Freiplätze, die meist zahlreichen Ab- und Aufladevorrichtungen besonders vorteilhaft dafür ausgenutzt werden könnten und eigentlich von vornherein darauf hinweisen. Die Erfahrung hat aber gelehrt, dafs durch die Toleranzen in den Schienenlängen trotz aller Sorgfalt bei der vorhergegangenen Gleisabsteckung und -Versteinung, bei der Berechnung der Jochlängen, bei dem Zusammenbau und Einbau der Joche bisweilen ein Stofs aus dem Winkel kommt. Der Bauaufsichtsbeamte mufs dann sofort Abhilfe schaffen und entweder eine Ausgleichschiene oder erforderlichenfalls ein entsprechendes Joch einbauen können. Da er damit nicht viel Zeit verlieren darf, mufs er den Zusammenbauplatz nahe bei der Hand haben und in der Lage sein, über die dort lagernden Baustoffe und fertigen Joche selbständig, schnell und leicht zu verfügen. Müfste er sie erst bei einem fernerliegenden Oberbaustoff-Haupt- oder -Nebenlager, womöglich unter Beachtung



Vorher zusammengesetzte Joche. Krangleis. Umbaugleis.
Abb. 4. Die Stöfse werden gelöst und freigemacht.

des Dienstweges, anfordern, so könnte er unter Umständen die Betriebspause nicht einhalten und das Umbaugleis nicht rechtzeitig wieder freimelden. Wohl liefse sich dagegen dadurch Vorsorge treffen, dafs stets einige Schienen oder Joche in der Nähe der Umbaustelle lagerten, dies würde aber leicht zu einer Lockerung oder Verzettelung der Stoffwirtschaft führen, auf deren Geschlossenheit unbedingt Wert gelegt werden mufs.

Bei den sechs Gleisumbauten, die bisher im Bezirk der Reichsbahndirektion Elberfeld mit Hilfe des Krans durchgeführt wurden, fand sich stets in unmittelbarer Nähe der Umbaustelle ein günstig gestalteter und gelegener Zusammenbauplatz, der sich auch künftig bei weiteren Baustellen in irgend einer Form finden wird. In Gevelsberg war es eine geräumige Anschüttungsfläche einer stillgelegten Neubaustrecke, auf der die neuen Schienen und Schwellen gestapelt waren, die Joche zusammengesetzt und verladen wurden; in Vohwinkel lagen Schienen und Schwellen bereits längs der Strecke verteilt, als Krangleis diente eine eingleisige, wenig befahrene, mit dem Umbaugleis gleichlaufende Nebenbahnstrecke, als Zusammenbauplatz ein Graben mit beiderseitigen Randwegen (Textabb. 4);

in Heidschott war es ein Überholungsgleis mit breiter Anschüttung, für die spätere Anlage einer Haltestelle vorgesehen; bei den übrigen drei Baustellen standen Ladestrafsen zum Zusammensetzen der Joche, danebenliegende Aufstell- oder Freiladegleise für den Kran zur Verfügung.

Im Gegensatz zu diesen Erfahrungen bei der Deutschen Reichsbahn genügt für die Verhältnisse der Irischen Grofsen Südbahn, die nach »The Railway Year Book«, Ausgabe 1925, insgesamt rund 3960 km im Betrieb hat, davon den überwiegenden Teil mit rund 70 v. H. = 2870 km eingleisig und nur rund 17 v. H. = 670 km zweigleisig, ein einziger Zusammenbauplatz. Er ist 20 × 150 m grofs und wird von einem elektrisch angetriebenen 15 t-Brückenkran, dessen Laufschienen auf etwa 5,5 m hohen Eisenpfosten ruhen, vollkommen bestrichen; sein Zustellungsgleis, in der Mittellängsachse, hat günstigen Anschlufs an die Hauptstrecke.

5. Die Kranmannschaft und ihre Arbeit.

In einer gewissen, fast darf man sagen, mathematischen Abhängigkeit von der Gestalt und Lage des Zusammenbauplatzes



Abb. 5. Rille gezogen.
Stofs-Breitschwellen als Richtpunkte verlegt.

steht die Stärke und Einteilung der Kranmannschaft, die das Zusammensetzen, Stapeln, Verladen und Einlegen der neuen, das Herausnehmen und Verladen der alten Joche auszuführen hat. Ausschlaggebend für die Festsetzung der Kopfzahl ist **der Zusammenbau der Joche**, wobei zu beachten ist, dafs die Stofs-Breitschwellen nicht mit angebracht, sondern schon vorher auf der Strecke verteilt und verlegt werden. Dies macht die Rotte, die die bereits erwähnten Rillen und Wülste herstellt (Textabb. 5), oder bei Benutzung von Füllkästen die Schwellenbänke stampft. Je genauer diese Verlegung nach der vorhandenen Achsabsteckung und -Versteinung oder dem vorgeschriebenen Abstand vom Nachbargleis, bei Schwellenbänken auch genau in der Höhe durchgeführt wird (Textabb. 6), desto einfacher und schneller geht das Verlegen der neuen Joche vor sich, weil die Stofs-Breitschwellen als Richt- oder Festpunkte dienen, die ein nachträgliches, zeitraubendes Einrichten des neuverlegten Gleisgestänges nahezu unnötig machen.

Die Grundlage für den richtigen Zusammenbau ist ein sorgfältig ausgearbeiteter Zusammenbauplan, wie ihn Abb. 4, Taf. 10 für die Baustelle Heidschott darstellt. Dementsprechend sind auf dem Zusammenbauplatz verschiedene Einzelzusammenbaustellen einzurichten, deren Zahl von dem festgesetzten, täglichen Baufortschritt und der Gestalt der Gleisachse abhängt, d. h. wieviel Joche täglich fertigzustellen und an die Umbaustelle zu schaffen und wieviel Joche als Regeljoche oder mit Spurerweiterung und Ausgleichschienen zusammenzubauen sind, je nach den Graden und Krümmungen der Strecke.

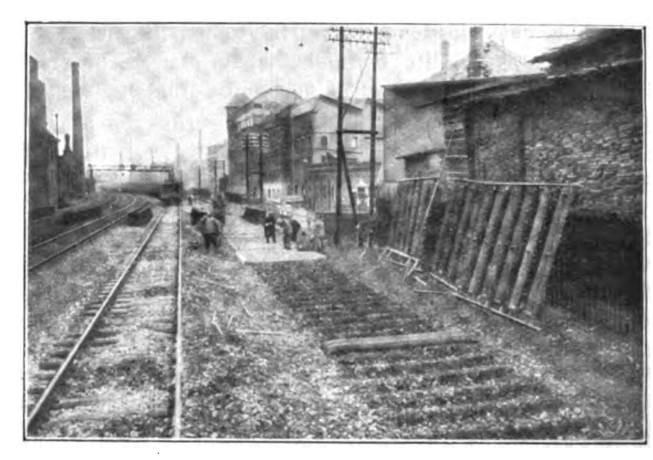


Abb. 6. Fertige Schwellenbänke.
Stofs-Breitschwellen in der Höhe genau verlegt.

Zu jeder dieser Zusammenbaustellen bringt der Kran zuerst in einem Bündel sämtliche Mittelschwellen (Textabb. 7), dann die zugehörigen Schienen (Textabb. 8). Das Auseinanderbreiten und Verteilen der Schwellen auf den vorgeschriebenen Abstand, das Einrichten der aufgelegten Schienen geht sehr schnell vonstatten, zeitraubender ist das Einsetzen und Befestigen des Kleineisenzeuges. Diesen Zeitunterschied hat der Bauaufsichtsbeamte bei der Festsetzung der Zahl der Zusammen-

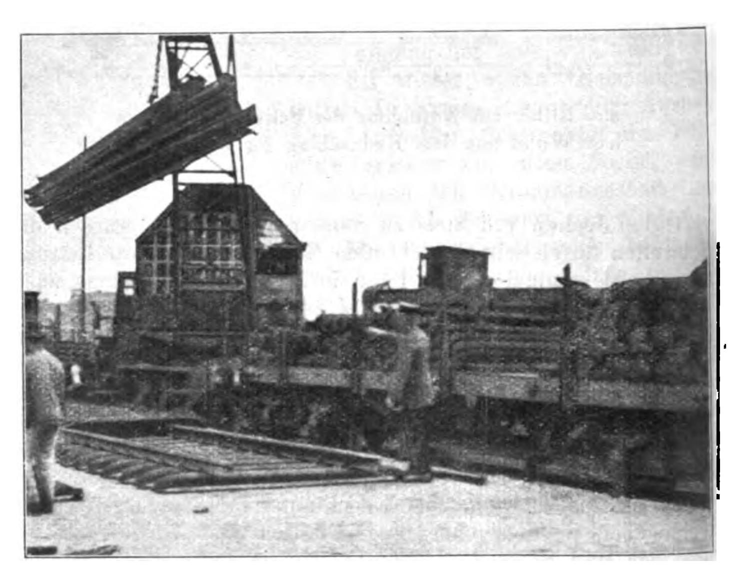


Abb. 7.

baustellen zu beachten, denn der Kran bringt, wie jede Maschine, nur dann wirtschaftliche Vorteile, wenn er ständig in Arbeit bleibt. Während auf der ersten Stelle das erste Joch fertig zusammengesetzt und -geschraubt wird, mufs er zu einer zweiten, dritten usw. Stelle Schwellen und Schienen bringen, um dann mit der Bedienung der ersten wieder anzufangen. Von Einflufs auf diese Reihen-, oder besser gesagt, Umlaufarbeit ist die Lage der Hauptstapel zum Krangleis und ihre Entfernung von den Zusammenbaustellen, mit anderen Worten: ob die Stoffe sich bequem oder unbequem greifen lassen, ob ihr Heranbringen kurze oder lange Kranfahrten nötig macht.

Weiter ist für die richtige Bemessung der Gesamtstärke der Kranmannschaft die Arbeit beim **Ausbau** der alten und beim **Einbau** der neuen Joche von Bedeutung.

Der Ausbau setzt sich aus folgenden Einzelvorgängen zusammen:

Freimachen der Schienenenden am Stofse bei Breitschwellen (siehe Textabb. 4);

Befestigen des Kranseils mittels eines besonderen Rahmens am Joch;

Anbringen besonderer Führungsseile in den Laschenlöchern, um zu starkes Hin- und Herschwanken des Joches beim Anheben Schwenken und Niederlassen einzuschränken;

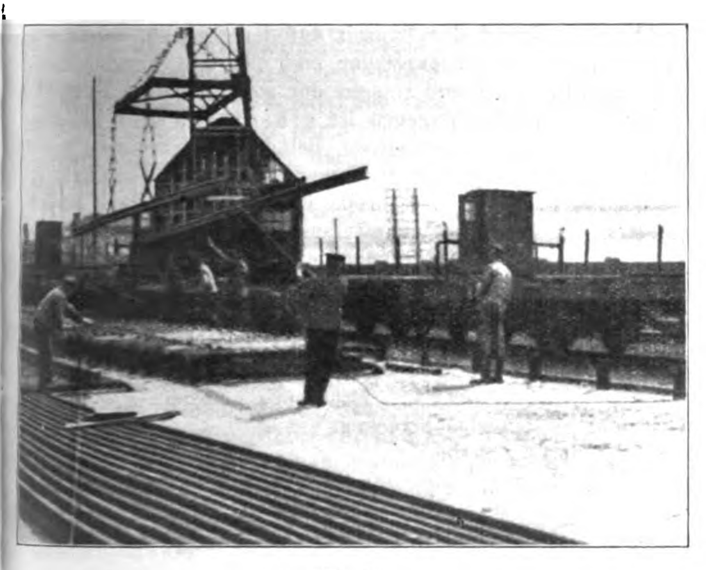


Abb. 8.

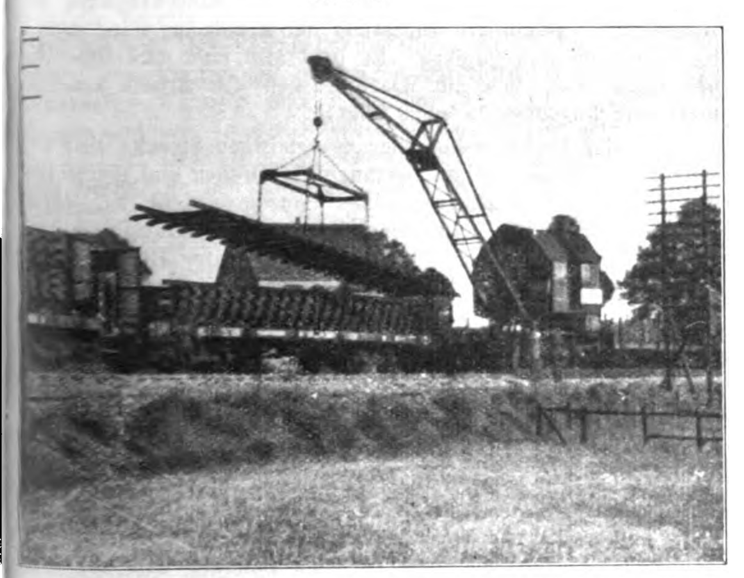


Abb. 9.

Vorwärtstragen der liegenbleibenden Breitschwellen auf das nächste anzuhebende Joch;

Verladen aller liegengebliebenen oder abgefallenen Laschen, Klemmplatten, Schrauben usw.;

Stapeln der ausgebauten Joche nach Vorschrift auf die bereitgestellten SS-Wagen.

Der Einbau eines Joches, besonders beim Aufstülpen auf Schwellenbänken besteht aus:

Befestigen des Rahmens (nicht genau über Jochmitte, sondern etwas seitwärts davon, so dafs das hochgehobene Joch leicht nach einem Ende hin geneigt hängt, Textabb. 9);

Anbringen von Führungsseilen in den Laschenlöchern, aus dem gleichen Grunde wie beim Ausbau, Abheben, Schwenken und teilweises Ablassen;

Anstofsen des nach unten geneigten Endes an den vorhandenen Stofs (siehe Textabb. 21);

Loses Anlaschen an diesem Stofs (Textabb. 10);

Aufstellen zweier Brechstangen in die inneren Hakenschraubenlöcher der vorderen Stofsbreitschwelle;

Langsames Absenken des freien Jochendes zwischen den beiden Brechstangen (Textabb. 11);

Einrichten des ganzen, noch teilweise schwebenden Joches;

Fallenlassen mit kurzem Ruck.

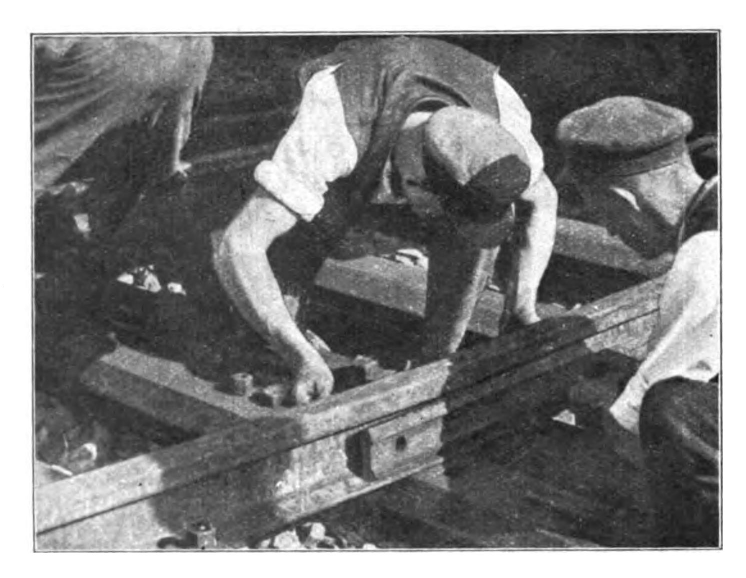


Abb. 10.

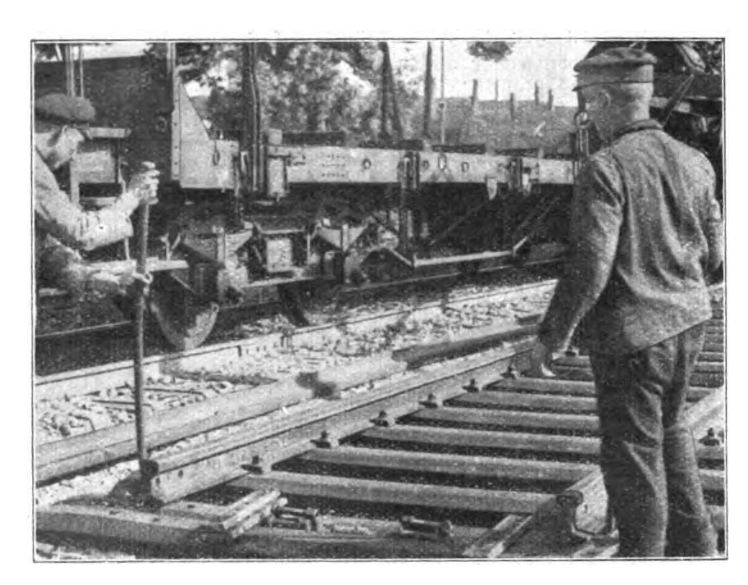


Abb. 11.

Es hat sich gezeigt, dafs für den Ausbau acht bis zehn Mann, für den Einbau sogar nur sechs bis acht Mann erforderlich sind. Während dieser Arbeiten auf der Strecke darf die Arbeit auf dem Zusammenbauplatz nicht ruhen; bereits ausgelegte Schwellen und Schienen müssen fertig zusammengesetzt, Schwellenabstände nachgerichtet, Schrauben fest angezogen, u. a. mehr besorgt werden. Unter Beachtung all dieser Einzelheiten setzt sich nach den bisher gemachten Erfahrungen eine Kranmannschaft am vorteilhaftesten aus einem Kranführer und einem Vorarbeiter nebst 15 Mann zusammen.

Was im einzelnen insgesamt eine Kranmannschaft von dieser

Stärke leisten kann, zeigen Abb. 5 und 6, Taf. 10, gewissermafsen der »Fahrplan« und der »Arbeitsplan« des Kranes. Besondere Achtung und Beachtung verdient dabei die Höchsttagesleistung von 189 t, nicht nur wegen der kurzen Arbeitszeit Mitte November, sondern auch im Vergleich mit den Leistungen eines Lagerkrans im Oberbaustoffhauptlager, dessen Tagesdurchschnitt während des Sommers auf ebenem Gelände, aufserhalb jedes störenden Betriebes 240 t sind. Sie war nur möglich, weil der Kran den Zusammenbauplatz bequem bestreichen und die Umbaustelle ohne lange Streckenfahrt erreichen konnte.

Für eine eingearbeitete Kranmannschaft haben sich als Zeitfestwerte herausgestellt, dafs

$$1 \text{ m Gleis in } \frac{49 \text{ Minuten}}{1 \text{ Mann}} \text{ zusammengesetzt,}$$

dafs ferner

1 Joch in 2 bis 2,5 Minuten ausgebaut und verladen,
1 Joch in 1,5 bis 2 Minuten abgeladen und auf den Randweg abgelegt,
1 Joch in 4 bis 4,5 Minuten vom Randweg oder vom Bauzug abgenommen, verlegt und verlascht,
1 Joch in 5,5 bis 6 Minuten auf Schwellenbänke aufgestülpt und verlascht wird.

6. Das Auseinandernehmen der alten Joche.

In diesem Zusammenhang sei auf die Weiterbehandlung der alten Joche hingewiesen. Möglichst in geschlossenem Bauzug werden sie von der Strecke zum Oberbaustoffhauptlager geschickt. Soweit es hier die Länge der vorhandenen Gleise zuläfst, werden die Wagen hintereinander so aufgestellt, dafs Reihenarbeit möglich wird. Dabei geht eine Kolonne von vier Mann von Wagen zu Wagen und behandelt auf jedem das oberste Joch. Sie löst und entfernt zuerst das Kleineisenzeug, das dabei auf den Boden des Wagens fällt, indem sie die Muttern der Hakenschrauben so schnell und so einfach als möglich entweder abdreht*), abmeifselt oder abtrennt, dann kantet und schiebt sie die freigewordenen Schienen zur Mitte hin. Dieser ersten Kolonne folgt eine zweite, die nicht nur diese umgekanteten Schienen mittels eines Lagerkrans auf bereitstehende SS-Wagen sachgemäfs verlädt, sondern die jetzt frei- und obenauf liegenden Schwellen in wiederverwendbare und zum Schrott gehörige sondert und mit demselben Kran getrennt auf entsprechende Wagen bringt. Sind auf diese Weise alle Joche auseinandergenommen, deren Schienen und Schwellen beseitigt, verladen oder gestapelt, wird sämtliches auf dem Boden des Wagens liegendes Kleineisenzeug ebenfalls gleich an Ort und Stelle gesondert, gebündelt und gestapelt. Ein derartiges vollkommenes Zerlegen eines Joches einschliefslich Einbringen des vorhandenen Schrotts in entsprechende Bansen ist als Gedingearbeit durchgeführt und dabei mit 30 Minuten für 1 m Gleis bewertet worden.

7. Der Kran im Vergleich zu Gleislegemaschinen.

Genau wie bei der Grofsen Südbahn in Irland sind in letzter Zeit auch bei der Deutschen Reichsbahn Gleislegemaschinen gebaut worden — und werden z. Z. noch von den Reichsbahndirektionen München, Essen, Kassel erprobt — mit dem Bestreben, ohne Überschreitung der Umgrenzung des lichten Raumes ganze Joche mit einem Male herausnehmen und wieder einlegen zu können. Bei allen bisherigen Ausführungen, die sämtlich der im »Organ« beschriebenen mehr oder minder ähnlich sind, befördert eine Art Schwebebahn, auf einem Sonderwagen aufgebaut, die Joche entweder von der Umbaustelle zu einem angehängten SS-Wagen und legt sie dort nieder, oder umgekehrt hebt sie dort ab und fährt sie nach vorn. Ohne Frage besitzt eine derartige Gleislegemaschine durch die erreichte Innehaltung der Umgrenzung des lichten Raumes, die also den Betrieb neben dem Umbaugleis weder behindert noch gefährdet, einen grofsen Vorsprung gegenüber jedem Kran, der stets nur bedingt, in Tunneln, auf Strecken mit elektrischer Zugförderung wegen der Gestänge und Leitungsdrähte aber gar nicht brauchbar ist. Diese betriebliche Einschränkung des Kranes wird aufgewogen durch seine wirtschaftlichen Vorzüge, die er gegenüber jeder Gleislegemaschine hat. Er ist vielseitig, denn er baut, setzt zusammen, stapelt, beladet, entladet, nimmt unter Umständen auch auseinander und ist das ganze Jahr hindurch unbeschränkt verwendbar, während der Bauzeit auf der Strecke, zuvor und darnach im Oberbaustoffhauptlager oder auf den Zusammenbauplätzen zum Entladen und Stapeln der ankommenden Baustoffe. Die Gleislegemaschine dagegen ist einseitig, denn sie baut lediglich — zum Zusammensetzen, Beladen usw. mufs sie einen Kran zur Hilfe nehmen — und ist auch zeitlich beschränkt verwendbar, lediglich während der Bauzeit. Dazu kommt noch, dafs die Zahl ihrer Baustellen, auf denen sie das Übergewicht hat und nur sie gebraucht werden kann, das sind

eingleisige Strecken mit tiefen Einschnitten,
» » » beiderseitigem Gestänge,
» » » Tunneln,
» » » Ausrüstung für elektrische Zugförderung,

oder zweigleisige Strecken
mit Tunneln,
mit Ausrüstung für elektrische Zugförderung,

gering ist gegenüber der Zahl der Baustellen, auf denen der Kran verwendbar ist, das sind alle übrigen ein- und mehrgleisigen Strecken.

Aufserdem läfst sich die betriebliche Einschränkung des Krans durch geschickte Anpassung der Arbeit an seine Eigenheiten beträchtlich mildern. Es liegt also eine Ausnahme von der Regel vor, dafs die Maschine sich der Arbeit anpassen mufs, wie folgendes Beispiel zeigt:

An der Umbaustelle einer zweigleisigen Strecke liefs der Betrieb und beiderseitiges Gestänge ein Drehen und Schwenken des Kranes und Verkehren eines Bauzuges nicht zu, jedoch war im Umbaugleis eine genügend lange Betriebspause verfügbar und neben dem Umbaugleis ein breiter Randweg vorhanden. In diesem Falle baute der Kran das vorderste Joch aus, fuhr damit sechs Jochlängen zurück und legte es seitwärts ab, fuhr leer wieder vor, holte und legte in gleicher Weise das zweite Joch ab und so fort, bis eine Wagenladung — in diesem Falle sechs Joche — aufgestapelt war. Dann benutzte der Kran eine Betriebspause im Nachbargleis, drehte ohne Last mit eingezogenem Ausleger um 180° und verlud darauf die vorher einzeln abgelegten Joche auf einen inzwischen bereitgestellten SS-Wagen. Während er zurückdrehte und das Spiel von neuem durchführte, brachte eine Arbeitslokomotive den beladenen Wagen zum nächsten Bahnhof und von dort einen leeren zur Baustelle. Dieses »Kranspiel« verzögerte wohl den Ausbau etwas, machte es aber möglich, dafs der Betrieb in keiner Weise behindert oder beeinträchtigt wurde und zeigte, dafs der vorhandene Kran trotz seiner Unvollkommenheit, wenn auch langsam, doch ebenso betriebssicher arbeiten kann wie eine Gleislegemaschine.

Vergleicht man daraufhin beide Maschinen und stellt die vielseitige und zeitlich unbeschränkte, jedoch örtlich bedingte Verwendbarkeit des Kranes den entsprechenden Eigenschaften der Gleislegemaschine gegenüber, so kann, vom Standpunkt des wirtschaftlichen Optimums aus betrachtet, gesagt werden, dafs ein wendig gebauter Kran jeder Gleislegemaschine gleich zu setzen ist.

*) Herbst 1926 brachte die Friedr. Krupp A. G., Essen eine Baumaschine auf den Markt, die dieses Abdrehen elektrisch ausführt und dadurch gegenüber Handarbeit beschleunigt.

Einen Beweis für die Richtigkeit dieser Behauptung geben folgende Leistungszahlen. Nach Heft 4 des »Organs« 1926 leistet die irische Gleislegemaschine bei Ein- und Ausbau zusammen in der Stunde »100 bis 130 m bei $13^1/_2$ m-Schienen und etwa 180 m und mehr bei 18 m-Schienen«, also durchschnittlich acht bis zehn Joche; genau das gleiche leistet der Elberfelder Kran, der (2 bis 2,5) + (4 bis 4,5) = 6 bis 7 Minuten je Joch braucht, also ebenfalls acht bis zehn Joche in der Stunde bewältigt und das, obwohl er von vornherein für Gleisverlegen nicht vorgesehen und erprobt war und daher in vielem unvollkommen ist, im Gegensatz zu der irischen Maschine, die lediglich für diesen Zweck gebaut wurde. Infolge dieser behaupteten und bewiesenen Gleichwertigkeit, sowohl nach Leistung, wie Wirtschaftlichkeit sind beide Vorrichtungen für den Betrieb von Nutzen und werden daher nebeneinander arbeiten können, ohne dafs die eine die andere erdrückt, weil jede, nach der Art der Strecke, des Betriebs, der Arbeit entsprechend verwendet, durch Ersparnisse von Kraft und Zeit Vorteile bringt.

8. Weitere maschinelle Hilfsmittel.

Auf der viergleisigen Strecke Westhofen—Schwerte zwischen Hagen und Hamm liefs sich das Gleis, das umgebaut und dessen Bettung gleichzeitig damit erneuert werden sollte, vollständig sperren und der Betrieb auf drei Gleise zusammendrängen. Infolgedessen liefs sich diese Gleisumlegung zum ersten Male geschlossen mit sämtlichen, bis jetzt vorhandenen maschinellen Hilfsmitteln durchführen. Neben dem Kran, der auch hier beim Einbau die neuen Joche auf Schwellenbänke aufstülpen konnte, wurde eine Egge (statt des in der Einleitung erwähnten Schotterpfluges), die Walze, Kleinschlagselbstentladewagen und die neuesten Füllkästen benutzt.

Die Egge verdankt ihre Entstehung dem Schotterpflug, den die bereits genannte Mannheimer Firma Mohr & Federhaff während der Eisenbahnausstellung in Seddin auf ihrem Stand gleichzeitig mit dem Kran vorführte, später auf den Bahnhöfen Wannsee und Tempelhof bei Berlin im Betrieb zeigte und der in der »Verkehrstechnischen Woche«, Jahrgang 1925, Heft 18 beschrieben ist. Wie aus einer Abbildung des diesbezüglichen Aufsatzes »Neuerungen im Gleisumbau« ersichtlich, wird die »festgefahrene, alte Bettung mit dem von einer Lokomotive gezogenen Schotterpfluge beiseite gepflügt«, durch »leicht auswechselbare Pflugschaufeln aus Stahl«, die an den Kanten der Seitenwände befestigt sind. Gerade dieses Beiseiteschieben der alten Bettung, das auf den ersten Blick günstig erscheint, hat sich als schädlich und unwirtschaftlich überall da herausgestellt, wo neuer Kleinschlag bereits angefahren ist — bei zweigleisigen Strecken meist zwischen den beiden Gleisen —, weil er durch die alte, stets schmutzige, verkrustete Bettung, die sich zu beiden Seiten des Pfluges hochwulstet und vorschiebt, überdeckt und dadurch verunreinigt wird. Zur Vermeidung dieses zweifellos grofsen Übelstandes wurde es für genügend gehalten, die alte Bettung maschinell auf- und durchzuwühlen und, da sie sich dann mit der Schottergabel leicht anfassen läfst, durch Handarbeit beiseite zu setzen. Daher wurde statt des Pfluges, wie gesagt, eine Egge gebaut, deren erste Gestalt aus der Textabb. 12 zu erkennen ist. Sie wurde beim Umbau eines geraden Gleises erprobt; eine Arbeitslokomotive zog sie an einem 125 m langen Seil hinter sich her. Am Ende der Aufreifsstelle angekommen, nahm sie der Kran, der gleichfalls auf dieser Baustelle arbeitete und auf einem betriebsfreien Nebengleis fahren konnte, hoch (Textabb. 13) und brachte sie zu ihrem Ausgangspunkt zurück. Dieses Spiel wiederholte sich so oft, als zum Auf- und Durchwühlen der alten Bettung nötig ist, meist dreimal. Zu diesem umständlichen Verfahren kam noch erschwerend hinzu, dafs die Egge besonderer Führung bedurfte, weil sie zu leicht war und infolgedessen durch den Widerstand, den die in sich gefestigte, alte Bettung bot, hin- und hergeschleudert wurde, und weil die Spitze durch die Befestigung des Zugseils an einer Vorderöse sich zu tief in die Bettung wühlte. All diese Mifsstände sind nach verschiedenen Versuchen durch die neue, 1000 kg schwere Egge beseitigt, deren Abmessungen und endgültige Ausrüstung mit einem Beschwerungskasten Textabb. 14 und 15 zeigen. Ihre Verwendung ist aus Textabb. 16 und 17 ersichtlich. Sie wird vom Nachbargleis aus durch einen kurzen Bauzug an einem etwa 20 m langen Seil gezogen. Drei Führungshaken eines

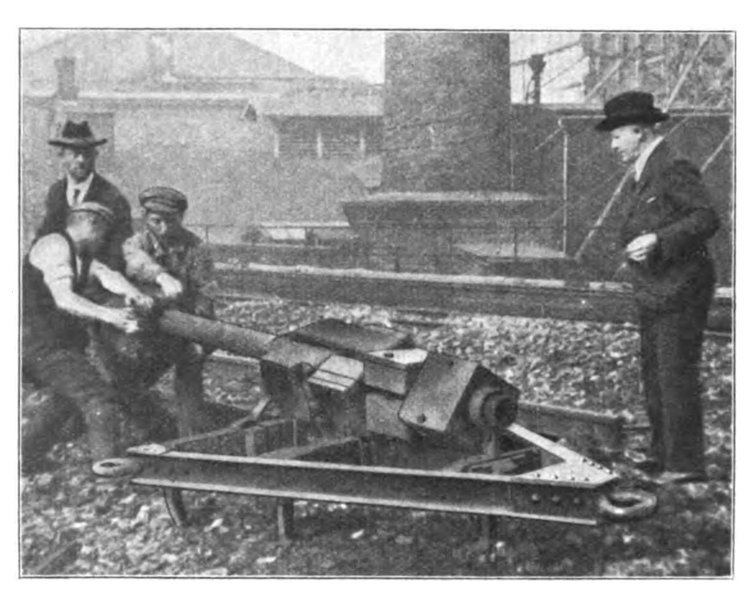


Abb. 12.

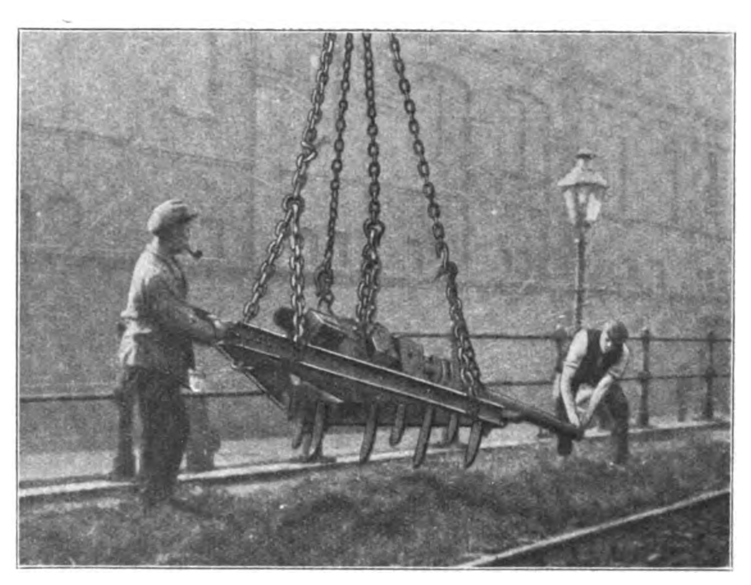


Abb. 13.

Auslegers, nach den Angaben des Oberbahnmeisters Klauenberg, Elberfeld, hergestellt, gestatten, dafs die Egge an jeder gewünschten Stelle der Bettungsbreite angreift. Am Ende der Aufreifsstrecke angekommen, läfst sie sich ohne Schwierigkeiten drehen lediglich durch Umlegen des Zugseils und Rückwärtsfahrt des Bauzuges, worauf sich dem ersten sofort ein zweites Aufreifsen in entgegengesetzter Richtung anschliefst. Da dies mit der Geschwindigkeit eines lebhaft ausschreitenden Mannes, d. i. mit etwa 7 km/Stunde vor sich geht, sind je nach der Länge der Aufreifsstrecke und der Häufigkeit der der Hin- und Herfahrt — meist genügen drei Fahrten ins-

gesamt — verhältnismäfsig kurze Betriebspausen nötig. Zu diesem Vorteil kommt noch der weitere, dafs durch eine Kette, die zwischen die hintere Öse der Egge und den daneben laufenden Bauzug gehängt wird (Textabb. 18), deren zwangsläufige Führung geschaffen und ein Aufreifsen, nicht nur in der Graden, sondern auch in jeder Krümmung gewährleistet wird. Die Bettung selbst wird vollkommen gleichmäfsig und je nach Einstellung der Zähne entsprechend tief aufgelockert, so dafs sie ohne Schwierigkeit mit Kleinschlaggabeln durchgegabelt und beiseite gesetzt werden kann, und derart durchwühlt, dafs der noch brauchbare Kleinschlag nach oben kommt, dagegen Schmutz, zermürbter Kleinschlag, Erde usw. nach unten fällt.

Abb. 14.

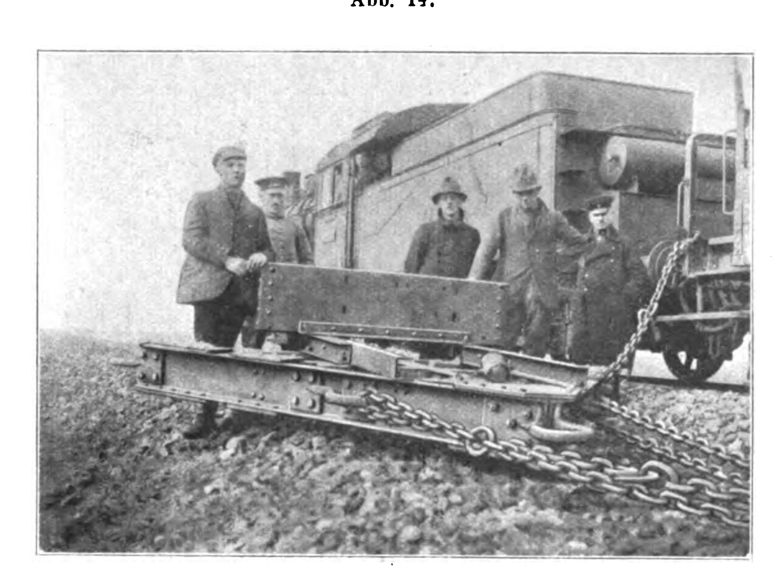


Abb. 15. Ansicht der Egge.

Über die Walze viel zu sagen, erübrigt sich, weil die damit gemachten Erfahrungen und erzielten Ergebnisse bereits Reichsbahnrat Faatz, Ansbach, in seinem Aufsatz: »Wirtschaftliche Gestaltung der Bettungsverdichtung« (»Organ«, Jahrgang 1926, Heft 10) niedergelegt und veröffentlicht hat. Gebraucht wurde ebenfalls eine Motor-Tandem-Walze*), die nach den in Textabb. 19 angegebenen Abmessungen und Gewichten etwas kleiner und leichter ist als die in Bayern verwandte. Sie läuft seit Mai 1925 im Elberfelder Bezirk, zum ersten Male auf der bereits erwähnten Baustelle Gevelsberg-Nord-Schwelm-Loh und hat den Beweis erbracht, dafs das Walzen der Bettung nicht nur an sich, sondern vor allem bei Bettungs-

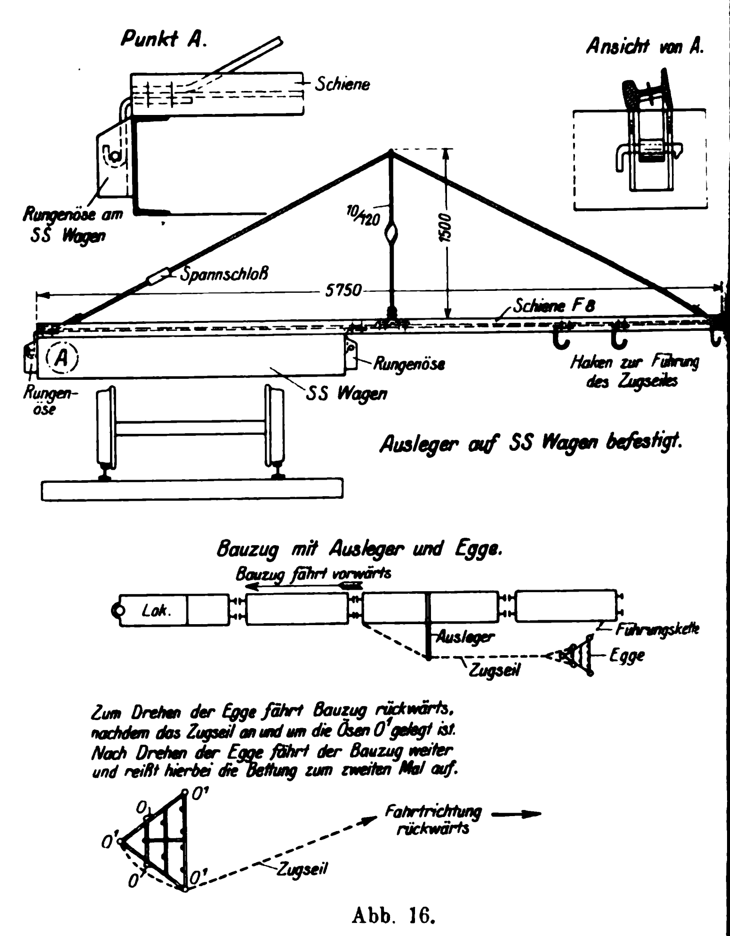


Abb. 16.

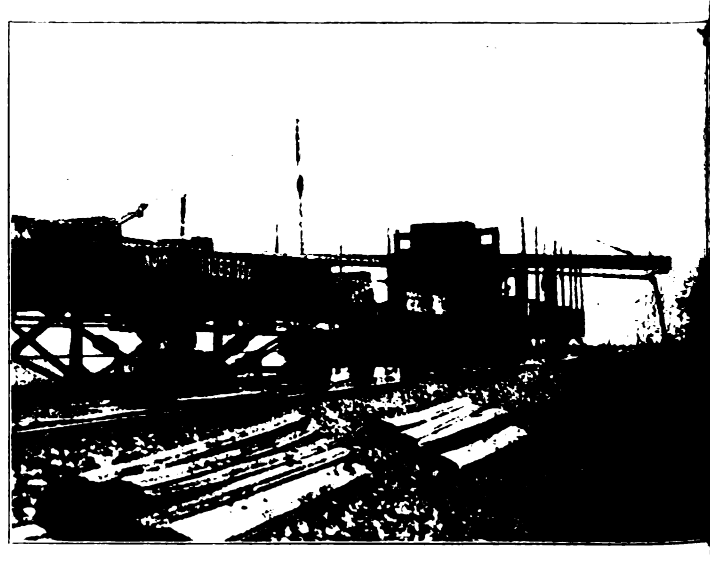


Abb. 17.

*) Geliefert von der Firma Gebrüder Hamm, Tirschenreuth. jetzt Bayrisches Hüttenwerk, Weiherhammer.

erneuerung gleichzeitig mit Gleisumbau grofse Ersparnisse für die Bahnunterhaltung bringt. Das derart behandelte Gleis ist seither nicht wieder angefafst worden und liegt vollkommen ruhig und fest; das früher nötig gewesene Nachstopfen und Nachfüllen der Bettung fällt fort, und das Gleis kann von vornherein auf seine richtige Höhe gebracht werden. Geklärt — und in bejahendem Sinne beantwortet — ist die Frage der Zweckmäfsigkeit des Walzens, ungeklärt aber noch die Frage der richtigen Gröfsen- und Gewichtsverhältnisse der Walze, weil dazu genügend lange Erfahrungen fehlen. Soweit sie bisher im Elberfelder Bezirk gemacht sind, empfiehlt es sich, eine 5 t schwere Walze zu nehmen, die bis insgesamt 6 t belastet werden kann.

Besonders zu erwähnen ist, dafs auf der freigelegten Unterbaukrone der Westhofen—Schwerter Strecke nach Herstellung der vorgeschriebenen Neigung 1 : 25 Zinkasche zur Verhütung des Festsetzens und Wucherns von Unkraut aufgebracht und eingewalzt wurde. Sie hat sich bisher auf Randwegen neben dem Gleis an verschiedenen Stellen, die in der Nähe von Zinkhütten liegen, insofern gut bewährt, als die Randwege seit einer Reihe von Jahren unkrautfrei geblieben sind, so dafs der Versuch, die Bettung gegen Unkraut von unten her zu schützen, gerechtfertigt ist.

Von den Kleinschlagselbstentladewagen, die auf der Baustrecke in verschiedenen Ausführungen erst erprobt wurden, darf hier deswegen kein abschliefsendes Urteil über Bauart, Abmessungen, Fassungsvermögen, Radstand, Achsdruck, Entlademöglichkeit gefällt werden, weil auf Grund der einzelnen, bisher gemachten Erfahrungen z. Z. eine einheitliche Form entworfen und gebaut wird. Wohl aber können und müssen die Ersparnisse, die mit den Probewagen trotz mancher Unvollkommenheiten einwandfrei erzielt wurden, hervorgehoben werden. Es waren täglich 100 t Zusatzkleinschlag erforderlich, die in zweistündiger Nachtarbeit mit 30 Mann entladen werden sollten, weil tagsüber entsprechend lange Betriebspausen fehlten. Durch die Selbstentladewagen, die in langsamer Fahrt neben dem Umbaugleis fuhren und aus einer Seitenöffnung den Kleinschlag herauslaufen liefsen, erfolgte die Entladung in 35 Minuten mit vier Mann Bedienung, mit andern Worten, eine Nachtarbeit von zweimal 30 Stunden = 60 Stunden liefs sich tagsüber in viermal 35 Minuten = 140 Minuten oder rund 2,5 Stunden bewältigen. Ein schlagender Beweis für die Vorteile und die Wirtschaftlichkeit derartiger Wagen, die, soweit bekannt, in ausreichender Zahl und nicht allzuferner Zeit allen Reichsbahndirektionen zur Verfügung gestellt werden sollen!

Schliefslich seien noch die Füllkästen zur Herstellung von Schwellenbänken für eiserne Querschwellen erwähnt, die jeder deutsche »Oberbauer«, besonders nach ihrer Verbesserung durch die Reichsbahndirektion Hannover*), kennt und schätzt, so dafs ihre Verwendung und ihre Bedeutung nicht mehr besonders besprochen zu werden braucht.

*) Siehe „Der Bahnbau", Jahrgang 1925, Heft 41. „Verlegung des Reichsbahnoberbaues mit Einstampfrahmen nach dem verbesserten Oldenburger Verfahren." Von Oberbahnmeister Blohme, Hannover.

9. Zeit- und Wertersparnisse.

Der Umstand, dafs ein Teil des Gleisumbaues der Strecke Westhofen—Schwerte wegen vorzeitiger Abgabe des Krans von Hand durchgeführt werden mufste, ferner die Tatsache, dafs gleichzeitig in der Nähe eine Bettungserneuerung unter den gleichen Verhältnissen von Hand ausgeführt wurde, gab die Möglichkeit, einwandfreie, zahlenmäfsige Vergleiche zwischen neuem und altem Verfahren, d. h. zwischen Gleisumlegung mit

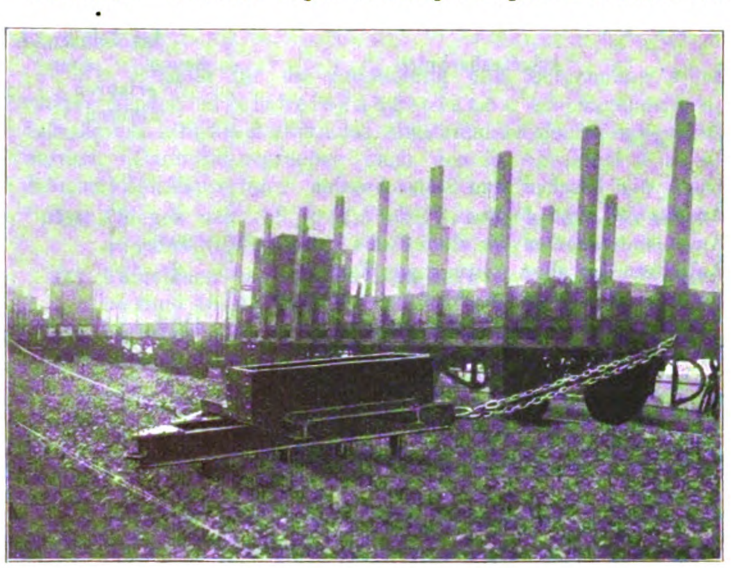
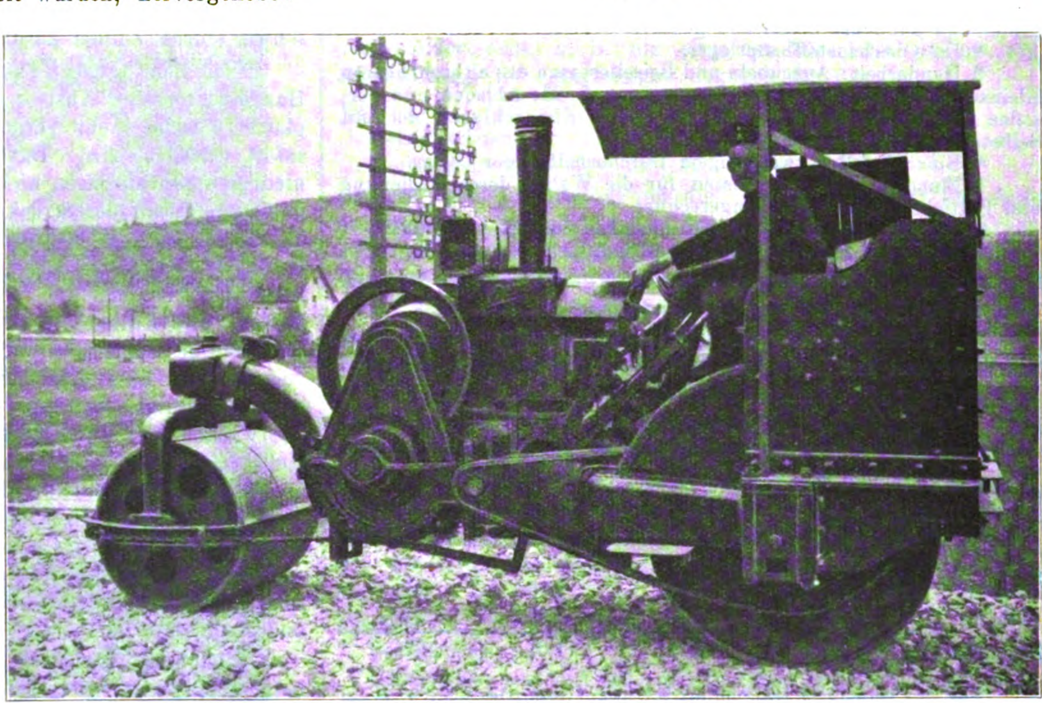


Abb. 18. Rücksicht der Egge mit Führungskette.
Bem.: Zugseil liegt im vordersten Führungshaken des Auslegers zum Aufreifsen der äufseren Bettungskante. Da dort geringer Widerstand, weil Bettung locker, würgt sich die Egge nach aufsen, wird aber durch Führungskette an gewünschter Stelle gehalten und vor Abgleiten bewahrt.



Entfernung der Walzen von Mitte zu Mitte = 2,75 m.
Vorderwalze: D = 800 mm; Br = 900 mm; G = 1,8 t.
Hinterwalze: D = 1000 mm; Br = 900 mm; G = 3,0 t.
Abb. 19.

maschinellen Hilfsmitteln und Handarbeit zu schaffen. Auf ein Mann und 1 m Gleis bezogen, ergaben sich für die verschiedenen Arbeitsabschnitte folgende Zeitwerte:

Übersicht 2.

Arbeitsabschnitt	Zeit gebraucht bei dem neuen Verfahren Minuten	alten
Lösen der Laschen und Stofsschwellen	10	100 [1]
Ausbau der alten Joche	3	
Auseinandernehmen der alten Joche	30 [2]	
Aufreifsen der alten Bettung mit Egge	2	—
Bettungserneuerung einschliefslich Aufbringen einer 10 cm starken Zinkaschenschicht	417 [3]	—
Bettungserneuerung nach altem Verfahren	—	510 [4]
Walzen der Unterbaukrone, der Zinkasche, der Bettung in zwei Lagen	15 [5]	—
Setzen von Lehrschienen	25	25
Herstellen von Schwellenbänken mittels Füllkästen	56	56
Zusammenbau der neuen Joche	55 [6]	—
Verladen der neuen Joche	1	—
Einbau der neuen Joche mit Kran	3 [7]	—
Einbau mit Hand	—	143
Nebenarbeiten, wie Gangbarmachen von Schrauben, Richten der Gleise usw.	21	21
Zusammen	638	855

Bemerkungen:

[1]) Einschliefslich Auf- und Abladen der Altstoffe; Zeit festgestellt an ähnlicher Stelle und gleicher Arbeit.

[2]) Im Oberbaustoffhauptlager.

[3]) Handarbeit: Ausgabeln und Beiseitesetzen des altbrauchbaren Kleinschlages; Herstellen der Querneigung 1 : 25; Abladen und Verteilen der Zinkasche; Verteilen des neuen Kleinschlages, der mit Selbstentladewagen ankam.

[4]) Einschliefslich zweimaligem Durcharbeiten der Gleise.

[5]) Einschliefslich der Kosten für die Walze, deren Bedienung und Betriebsstoffe, in Zeit umgerechnet.

[6]) Zeitsatz zu hoch, weil Zusammenbauplatz zu beschränkt.

[7]) Joche auf Schwellenbänke „aufgestülpt".

Das ist eine Zeitersparnis von 855 — 638 = 217 Minuten oder 25 v. H. gegenüber der Handarbeit.

In gleicher Weise sind die Kosten für Aus- und Einbau mit Kran und mit Hand fest- und gegenübergestellt worden und ergeben folgende Wertersparnisse:

Übersicht 3.

Einheit 1 m Gleis	Mit Hand	Mit Kran	Wertersparnis in *M*	v. H. der Handarbeit
	M			
Ausbau	1,12	0,66	0,46	41
Einbau	1,59	1,04	0,55	34²/₃
Zusammen	2,71	1,70	1,01	37

Auf der Baustelle Heidschott ist je m Gleis sogar 1,50 *M* = = 42 v. H. erspart, dagegen auf einer anderen Baustelle, auf der nach dem gleichen Verfahren wie in Heidschott umgebaut wurde, nur 0,53 *M* = 22 v. H.*) Der grofse Unterschied für die gleiche Arbeit entstand durch die Kranmannschaft und die Entfernung zwischen Zusammenbauplatz und Umbaustelle: dort eingearbeitete Leute und kurzer Weg, hier uneingearbeitete Leute und 4 ¹/₂ km langer Weg! Zwei Einflüsse, deren eigentlich selbstverständliche Bedeutung durch diese Zahlenangaben hervorgehoben und unterstrichen wird!

*) Zu ähnlichen Ergebnissen kommt Reichsbahndirektion Berlin, die, besonders im August 1926, mit einem vierachsigen Dampfdrehkran, ebenfalls von der Firma Mohr und Federhaff, gearbeitet hat. (Lasthebung: 4,5 t bei 12 m, 5,65 t bei 10,5 m Ausladung.) Siehe: „Eisenbahntechnische Rundschau", herausgegeben vom Verbande der Reichsbahn-Betriebsingenieure, Heft 2 vom 15. 1. 1927: „Gleisumbau mit Kran auf der Berliner Stadtbahn" von Eisenbahn-Betriebsingenieur Schönrock, Berlin.

Von der irischen Bahn heifst es im »Organ« lediglich: »Die Arbeitsersparnis wird zu 50 % angegeben«, in der Denkschrift der Firma Morris wörtlich: »Wenn es sich herausstellt, dafs die Gleislegemaschine die Umbaukosten ungefähr bis zu 50 % und je nach der Baustelle noch darüber ermäfsigen wird, dann wird die neue Umbauweise eine grofse Umwälzung hervorrufen«. Also nur eine Annahme, keine genauen Angaben, die einer Ertragsberechnung entnommen sind. Bei der Ertragsberechnung für den Kran sind seine täglichen Kosten mit 60 *M* eingesetzt. Ihnen ist zugrunde gelegt, dafs die Anschaffungskosten (29000 *M*) mit 6 v. H. verzinst und 10 v. H. getilgt, dafs ebenfalls 10 v. H. für Ausbesserungen vorgesehen werden, dafs er nur 200 Tage im Jahr arbeitet und trotzdem der Kranführer an 300 Werktagen Lohn erhält, und schliefslich eine Ausgabe von 6 *M* täglich für Betriebsstoffe, wie Kohle, Öl, Putzwolle. In der Zeit vom 1. 3. bis zum 15. 9. 1926 = 195 Tage hat der Kran auf sieben Baustellen insgesamt 103 Tage gearbeitet, also durch Sonntage, Leerlauf zwischen zwei Baustellen, kleinen Überholungen und Ausbesserungen, sowie Stillager 92 Tage verloren; nichtsdestoweniger hat er eine reine Ersparnis von 11400 *M* erzielt, denen die erwähnten 29000 *M* als Anschaffungskosten gegenüberstehen.

10. Einflufs auf die Stoffwirtschaft.

Neben den Zeit- und Wertersparnissen in der Arbeit bringt die Gleisumlegung mit maschinellen Hilfsmitteln in der Stoffwirtschaft Vorteile, die sich leicht erklären, doch schwer durch Zahlen ausdrücken lassen.

Von den Oberbaustoffen geht, im Gegensatz zur Handarbeit, beim Ausbau der Joche keine Schraube, Klemmplatte, Lasche mehr verloren, weil sämtliches Kleineisenzeug sofort verladen wird. Das bisherige, zeitraubende — und bei niedrigen Schrotpreisen nicht lohnende — Aussondern, Bündeln und Stapeln auf der Strecke durch Rottenarbeiter erübrigt sich genau so wie das kräfteverzehrende Beiseitesetzen, Be- und Entladen der ausgebauten Schienen und Schwellen; statt dessen: Auseinandernehmen der Joche im Oberbaustoffhauptlager mittels Reihen- und Kranarbeit durch einige wenige geübte, sach- und fachkundige Lagerarbeiter. Es ist ohne weitere Erklärung verständlich, dafs sich dadurch die Bewirtschaftung der Altstoffe verbilligt, weil sie sich leicht und schnell übersehen, überwachen und durchführen läfst. Früher behielt der Dienststellenleiter, der Gleise ausbaute, allen Weisungen zum Trotz — allzu menschlich — Brauchbares zugunsten notleidender Nebengleise seines Bezirks zurück oder tauschte es gegen Unbrauchbares um; jetzt, im Gegensatz dazu, gibt der Lagerverwalter allen Sonderwünschen fernstehend, die aufkommenden Altstoffe so schnell als möglich weiter, um unnützes Stapeln und Speichern zu sparen.

Wie beim Ausbau in das Oberbaustoffhauptlager, fliefsen beim Einbau sämtliche Stoffe zum Zusammenbauplatz; daher entsteht auch hier Arbeit nur an einer Stelle mit wenigen Kräften; die Übersicht bleibt gewahrt und vor allem, kein Kleineisenzeug geht verloren.

Bei den Bettungsstoffen bringt ähnliche Vorteile der Kleinschlagselbstentladewagen. Bisher wird ein Teil des Kleinschlags für die Arbeit im Sommer bereits während des Winters angefahren und längs der Strecke gestapelt; seine Entladung verzögert sich vielfach, wenn für diese »Handarbeit« die nötigen Arbeitskräfte fehlen, weil sie anderweitig dringend gebraucht werden oder wenn längere Betriebspausen nicht ver-

fügbar sind, weil die Strecke zu dicht belegt ist. Infolgedessen kommt es nicht selten vor, dafs ein Dienststellenleiter seinen Nachbarn bitten mufs, ihm einige überständige Wagen abzunehmen. Kleinschlag ist ein begehrter Stoff, den jeder gern nimmt, wenn er ihn unter der Hand bekommt. Wird in solchem Fall vergessen, eine derartige Abgabe zu melden, so gerät die Stoffverteilung und Stoffwirtschaft in Unordnung und die Übersicht geht verloren. Dieser Mifsstand wird durch den Selbstentladewagen sofort behoben, da er nur wenige Kräfte beansprucht und kurze Betriebspausen nötig hat, wie z. B. die 35 Minuten, die in Abschnitt 8 genannt sind und die stets vorhanden sind oder sich einschalten lassen. Weitere Ersparnisse an Stoff und Geld werden erzielt, wenn genügend Wagen zur Verfügung stehen. Dann läfst sich ihre Ankunftszeit genau in die vorgesehene Betriebspause legen und die ganze Arbeit danach einrichten, so dafs letzten Endes Anfuhr und Stapelung von Kleinschlag im Winter überflüssig wird.

Jeder Dienststellenleiter, der einmal mit den Kleinschlag-selbstentladewagen gearbeitet hat, fordert sie stets wieder an, weil er ihre Vorteile für eine »rationelle« Stoffwirtschaft erkannt hat.

11. Förderung und Hemmung durch den Betrieb.

Mit Rücksicht auf die Betriebspausen und -erschwerungen sind zwei Arbeitsarten getrennt zu behandeln: Gleisumbau für sich allein und Bettungserneuerung mit Gleisumbau gleichzeitig.

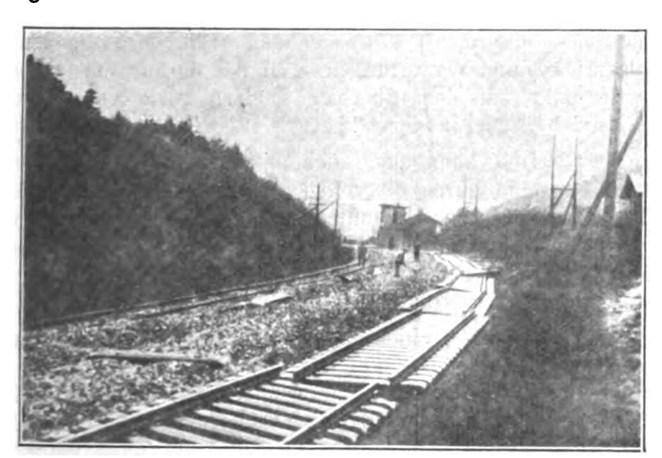


Abb. 20. Seitlich abgelegte, neue Joche nach Ausbau und Entfernung der alten. Die „Rillen" werden gezogen und die Stofs-Breitschwellen als Richtpunkte verlegt.

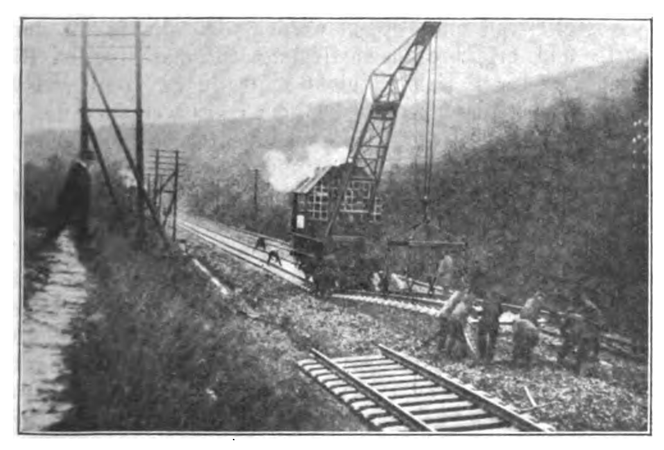


Abb. 21. Verlegen der neuen Joche.

Bei Gleisumbau verlangt eine Gleislegemaschine, die dem irischen Vorbild gleicht oder ähnelt, eine Sperrpause lediglich im Umbaugleis; den Betrieb im Nachbargleis stört oder hindert sie in keiner Weise. Wird statt ihrer ein Kran benutzt, so müssen, wie auf der Baustelle Heidschott, aufser der eigentlichen Umbaupause noch Pausen im Umbau- und Nachbarbetriebsgleis gleichzeitig vorhanden oder ihre Einlegung möglich sein, und zwar für das seitliche Ablegen der neuen (Textabb. 20) und das Aufnehmen nebst Verladen der ausgebauten Joche.

Als Beispiel für die Aufstellung und Berechnung eines entsprechenden Gleisbelegungsplanes sei angenommen, dafs täglich 200 bis 250 m, das sind rund 16 Joche, umgebaut werden. Dann beanspruchen nach den in Abschnitt 5 angegebenen Zeitfestwerten:

das Ablegen usw. $16 \times (1{,}5 \text{ bis } 2) = 24$ bis 32 Minuten
= rund 30 Minuten,

das Aufnehmen usw. $16 \times (2 \text{ bis } 2{,}5) = 32$ bis 40 Minuten
= rund 40 Minuten,

das Verlegen usw. $16 \times (4 \text{ bis } 4{,}5) = 64$ bis 72 Minuten
= rund 70 Minuten (Textabb. 21).

Ferner sei angenommen, dafs der Zusammenbauplatz in der Nähe der Umbaustelle liege und daher der Bauzug für An- und Abfahrt je fünf Minuten, der Kran je zehn Minuten brauche.

Der Arbeit entsprechend sind »zweigleisige« und »eingleisige« Pausen zu unterscheiden:

Ablegen:
Betriebsgleis: |—— 5 + 30 + 5 = 40′ ——| Bauzug
Umbaugleis: |—— 10 + 30 + 10 = 50′ ——| Kran
und
Aufnehmen:
Betriebsgleis: |—— 5 + 40 + 5 = 50′ ——| Bauzug
Umbaugleis: |—— 10 + 40 = 50′ ——| Kran

Die Pausen für Ablegen und Aufnehmen können getrennt voneinander sein, z. B. die eine am Vor-, die andere am Nachmittag; die »eingleisige« dagegen für das

Verlegen:
Betriebsgleis:
Umbaugleis: |—— 70 + 10 = 80′ ——| Kran

schliefst sich unmittelbar an die »zweigleisige« für das Aufnehmen an. Deshalb ist die An- und Abfahrtszeit des Krans getrennt und die eine Hälfte dem Aufnehmen, die andere dem Verlegen zugesetzt worden. Als Gesamt-»Gleisbelegungsplan« ergibt sich dann z. B.

am Vormittag für Ablegen:
Betriebsgleis: |—— 40′ ——|
Umbaugleis: |—— 50′ ——|
am Nachmittag für Umbau (Aufnehmen und Verlegen):
Betriebsgleis: |—— 50′ ——|
Umbaugleis: |—— 50′ ——|—— 80 = zus. 130′ ——|

Im Gegensatz dazu erscheint der gleiche Plan der »Gleislegemaschine«, die für den Umbau je Joch 6 bis 7 Minuten und wie der Kran für An- und Abfahrt je 10 Minuten brauche, einfacher:

Umbau:
Betriebsgleis:
Umbaugleis: |—— $10 + 16 \times (6 - 7) + 10 = 10 + 110 + 10 = 130'$ ——|

Vom Standpunkt des Betriebsleiters aus betrachtet, verdient dieser Plan unbedingt den Vorzug, besonders auf Strecken mit sehr dichter Zugfolge, Tunneln und Ausrüstung für elektrische Zugförderung. Überall sonst aber hat der Wirtschaftler mitzusprechen, der nicht nur den Betrieb für sich allein, sondern daneben noch die Verwendungs- und Ausnutzungsmöglichkeit der Baumaschine beachtet und in Rechnung setzt. Dann halten sich, wie schon einmal auseinandergesetzt, Gleislegemaschine und Kran unbedingt das Gleichgewicht.

Auf der stark belegten Hauptstrecke Hagen—Siegen, der sogenannten Ruhr-Sieg-Strecke, die dem Verkehr zwischen dem Industrierevier und Süddeutschland dient und an der die Baustelle Heidschott liegt, ist das angeführte Beispiel der »zweigleisigen« Pausen in den Jahren 1925 und 1926 durchgeführt worden; lediglich einige Güterzüge sind dabei aus dem »Plan« gekommen. Daher dürften die vielen Einwendungen, die allgemein gegen den Kran bisher erhoben wurden, aus den angeführten, wirtschaftlichen Gründen verschwinden, besonders wenn er der Abb. 3 entsprechend vervollkommnet wird.

Sind Pausen von der Länge dieses Beispiels nicht vorhanden oder möglich, dann wird der tägliche Arbeitsfortschritt und der »Gleisbelegungsplan« den vorhandenen kürzeren Pausen angepafst; z. B. bei zwei Pausen und je acht Jochen:

Trotz der vollständigen Sperrung des Umbaugleises war anfänglich beabsichtigt, lediglich nachts umzubauen, weil dann in dem Nachbarbetriebsgleis für die Bauzüge eine ununterbrochene Pause von 4 Stunden möglich gewesen wäre, während es tagsüber zwar mehrere Male, doch stets nur auf kurze Zeit, frei war. Im letzten Augenblick liefs sich die gesamte, kostspielige Nachtarbeit vermeiden, weil es gelang, durch Verschiebung zweier Eilgüterzüge eine Vormittagspause auf nahezu 2 Stunden zu vergröfsern.

Den beschriebenen Betriebserschwerungen und -verschiebungen stehen zwei grundsätzlich voneinander verschiedene Anschauungen gegenüber. Wenn der »Oberbau« den »Betrieb« bittet, einen kurzen, scharfen Eingriff hinzunehmen und das Umbaugleis vorübergehend vollständig zu sperren, damit eine

Ablegen:

Betriebsgleis: |—— $5 + \frac{30}{2} + 5 = 25'$ ——| betriebsfrei |—— 25′ ——|

Umbaugleis: |—— $10 + \frac{30}{2} + 10 = 35'$ ——| betriebsfrei |—— 35′ ——|

und für

Umbau:

Betriebsgleis: |—— $5 + \frac{40}{2} + 5$ ——| betriebsfrei = 25′ |—— $5 + \frac{40}{2} + 5$ ——|

Umbaugleis: |—— $10 + \frac{40}{2} + \frac{70}{2} + \frac{40}{2} + \frac{70}{2} + 10 =$ zus. 130′ ——|

für acht Joche: Ausbau, Einbau, Ausbau, Einbau

Die Bettungserneuerung mit gleichzeitigem Gleisumbau auf der Strecke Westhofen—Schwerte dauerte bei vollständigem Aufserbetriebsetzen des Umbaugleises insgesamt 35 Tage. Dabei wurde, wie bereits beschrieben, nicht nur neue Bettung und neues Gleis eingebaut, sondern auch die Unterbaukrone, die kaum seit Betriebseröffnung der Strecke, Ende der sechziger Jahre, in gleicher Vollständigkeit freigelegt war, konnte vorschriftsmäfsig geregelt und vervollkommnet werden, so dafs sie aller Voraussicht nach in absehbarer Zeit nicht wieder in Stand gesetzt zu werden braucht. Die Bedeutung einer derartigen Arbeitsausführung für die Entwässerung, ihre Wichtigkeit für gute Gleislage sind ebenso bekannt wie die Tatsache, dafs beides mafsgebend für Ersparnisse in der Bahnunterhaltung ist.

Diese Vorteile und Vorzüge sind nur erreicht worden, weil der Betrieb sich einen scharfen Eingriff gefallen liefs. Wäre statt dessen nach altem Verfahren mit Hand umgebaut worden, erst Bettungserneuerung, dann Gleisumbau, dazwischen Gleisunterhaltung, hätte die Arbeit insgesamt wenigstens 100 Tage gedauert, ohne die gleiche Vollkommenheit zu erreichen. Aus den einzelnen Fahrzeitverlusten, die neun D-, zwei E-Züge und ein beschleunigter Personenzug durch die Ablenkung vom Hauptgleis und durch die Einschnürung des sonst viergleisigen Betriebes in drei Gleise auf der 4,5 km langen Strecke täglich erhielten, ergab sich ein mittlerer Fahrzeitverlust von nicht ganz 3 Minuten. Ihm gegenüber stehen 1,8 Minuten, wenn das Umbaugleis nicht gesperrt, sondern an der Umbaustelle die sonst zugelassene Fahrgeschwindigkeit von 80 auf 30 km vermindert worden wäre. Der Gesamtfahrzeitverlust der zwölf Züge ist in dem ersten Fall: $35 \times 12 \times 3 = 1260$ Minuten, in dem zweiten Fall: $100 \times 12 \times 1{,}8 = 2160$ Minuten, so dafs trotz der Sperrung: $2160 - 1260 = 900$ Minuten gespart werden. Hätte der Betrieb statt dessen nur tagsüber Langsamfahrt gestattet, also nachts volle Fahrgeschwindigkeit verlangt, wären auch nur acht Züge statt der bisherigen zwölf verzögert worden und der Gesamtfahrzeitverlust hätte sich ermäfsigt auf $(100 \times 8 \times 1{,}8) - (35 \times 12 \times 3) = 1440 - 1260 = 180$ Min.

vollkommen neue Bahn gebaut wird, kann der Betrieb antworten: »Wir tragen die damit zusammenhängenden, vorübergehenden Erschwernisse und Verspätungen, weil die daraus entstehenden Vorteile nicht nur dem Oberbau, sondern auch letzten Endes dem Betrieb zugute kommen!«

Der Betrieb kann aber auch antworten: »Die Nachteile, die der Fahrplan durch die vollständige Gleissperrung erleidet, sind gröfser als die bekannten Vorteile für den Oberbau, denn es ist schädlicher und schwerer zu ertragen, zwölf Zügen je 3 Minuten Verspätung während 35 Tagen zuzumuten, als acht Zügen je 1,8 Minuten während 100 Tagen!«

Eine endgültige, eindeutige, abschliefsende Entscheidung, welche der beiden Anschauungen mafsgebend und richtig ist, läfst sich nicht ein- für allemal, sondern nur von Fall zu Fall treffen, denn selbstverständlich hat sich der »Oberbau« dem »Betrieb« zu fügen. Trotzdem müssen sich Beide entgegenkommen, denn Keiner darf nur gröfste Vorteile für sich verlangen, sondern Beide zusammen müssen den besten Nutzen für das Ganze erstreben.

Abschliefsend mufs gesagt werden, dafs die bisher durchgeführte und erprobte Gleisumlegung mit maschinellen Hilfsmitteln in dieser Beziehung nicht schlüssig ist, weil zwischen einzelnen Arbeitsabschnitten noch immer kraftverzehrende, zeitraubende Handarbeit liegt. Besonders störend tritt dies bei der Beseitigung der alten Bettung hervor, die nach der Zusammenstellung des Abschnitts 9 von den 638 Minuten Gesamtarbeit für sich allein 417 Minuten, also nahezu $^2/_3$ in Anspruch nimmt. Gelingt es den bereits eingeleiteten Vorerhebungen und Bestrebungen, diese »Handarbeit« so einzuschränken und die »maschinellen Hilfsmittel« so zu erweitern, dafs der »Oberbau« jeden Tag eine »vollkommen neue Bahn« während weniger Stunden in Abschnitten von 200 bis 250 m fertigstellt und danach der »Betrieb« unbehindert fahren kann, dann sind die erwähnten gegensätzlichen »Anschauungen« ausgeglichen und beide gehen ineinander über.

Berichte.

Bahnunterbau, Brücken und Tunnel; Bahnoberbau.

Neue Motordräsine der norwegischen Staatsbahn.

Die norwegische Staatsbahn hat sechs neue Bahnmeisterwagen (Motordräsinen) angeschafft, die sie nach mannigfachen vorausgegangenen Versuchen als Muster für weitere Beschaffungen betrachtet (Abb. 1). Die Dräsine sollte so leicht sein, dafs ein Mann sie ohne Schwierigkeit auf Wegübergängen herausziehen kann und dafs zwei Mann sie heben können. Das Untergestell besteht daher aus Stahlrohren (Abb. 2). An diesem Rahmen sind der Motor und Übertragungsmechanismen befestigt. Der Wagenkasten ist zur Gewichtverringerung aus Aluminiumblech auf kräftigen Holzrippen gebaut und enthält drei Sitze. Er trägt einen abnehmbaren Windschirm aus starkem Zelluloid auf Eisenrahmen. Hinter den Sitzen ist ein verschliefsbarer Gepäckraum. Als Streckenbeleuchtung ist ein Azetylenscheinwerfer verwendet. Eine Fufsbremse wirkt auf die Antriebsachse des Motors.

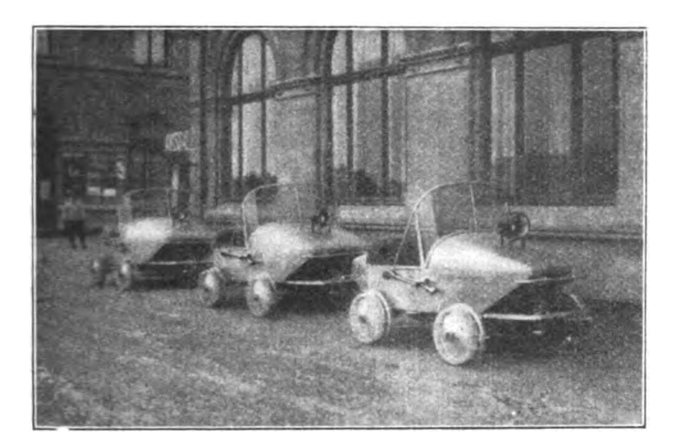


Abb. 1. 3 Motordräsinen der norwegischen Staatsbahn.

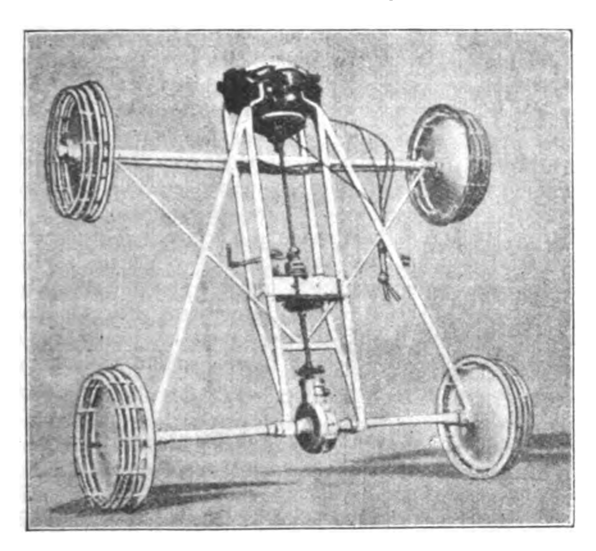


Abb. 2. Rahmenwerk aus Stahlrohren mit Motor, Transmissionsachse und Rädern.

Vorn und hinten sind Griffe zum Ausheben angebracht. Stofsfänger aus Federstahl schützen den Wagen gegen Anstofsen. Unter dem Motor sind Kufen angebracht. um Beschädigungen bei Entgleisungen zu verhüten. Durch ein Schutzdach kann der Wagen geschlossen werden. Da der Wagen auch im Winter bei Frost und Schnee fahren soll, sind die Räder als Rippenräder ausgeführt. Die Räder der Vorderachse haben getrennte Achsen zum leichteren Durchfahren der Krümmungen. Auch das Herausnehmen auf Wegübergängen wird dadurch erleichtert. Die Räder haben Kugellager. — Als Motor wurde ein Viertakt-Douglasmotor verwendet, der sich sehr gut bewährt hat. Der Benzinverbrauch ist sehr gering. Bei 64 km Fahrt Hamar—Elverum—Hamar war der Verbrauch 3 Liter. Der Motor hat zwei Übersetzungen und Freilauf, gibt bis zu 45 km/h Fahrgeschwindigkeit und macht 3000 Umdrehungen/Minute, wobei er etwa 8 PS entwickelt. Mit drei Personen nimmt er leicht längere Steigungen 1 : 70. Der Motor liegt vor der vordersten Achse, um gute Kühlung zu schaffen. Auch bei Versuchsfahrten unter sehr ungünstigen Witterungsverhältnissen hat sich das Fahrzeug sehr betriebstüchtig und gut verwendbar gezeigt. Dr. S.

(Nordisk Järnbanetidskrift 1926, Heft 9/10.)

Zur Frage der Tränkung des Kernes in Kernholzarten.

In Scheljeznodoroschnoje Djelo 1926, Nr. 6 bis 7 ist die Frage der Kerntränkung in Kernholzarten behandelt. Die Frage der Kerntränkung in Kernholzarten (Föhre, Eiche) besitzt nach dem Artikel grofse Bedeutung in bezug auf den Fäulnisschutz des Holzes. Föhren- oder Eichenholz, dessen Splint mit Kreosot gut getränkt ist, leidet nach kürzerer oder längerer Zeit unter der Fäulnis des Kerns, während der getränkte Splint erhalten bleibt. Auch bei Brückenhölzern aus Kernholzarten, die unter Beseitigung eines Teiles des Splintes vierkantig zugehauen werden, erscheint der Wert der Tränkung manchmal zweifelhaft, da diese ja bekanntlich nicht in den Kern eindringt. Die Tränkung des Kerns bildet eine noch nicht gelöste, aber keineswegs hoffnungslose Frage auf dem Gebiete der Holztränkungstechnik. Gesichtspunkte, die einen Erfolg der Kerntränkung erhoffen lassen, sind folgende: Schon bei den bisherigen Tränkungsverfahren wird der Kern von den Kopfenden her auf eine gewisse Tiefe durchtränkt; auch in der Querrichtung wird der Kern teilweise durchtränkt, wobei die Kernschichten an Balken und Schwellen, die von Splint entblöfst sind, besser getränkt werden als die von Splint überdeckten; die Anwendung grofser Drücke (in Amerika 15 at) und die Verlängerung ihrer Einwirkung, die Erhitzung des Holzes, besonders der harzigen Arten, sowie der Lauge, vorgängiges der Art und Eigenschaft des Holzes entsprechendes Dämpfen sind geeignet, die Tränkung des Kernes zu fördern; fettige, Fäulnis verhütende Mittel, besonders Kreosot, dringen besser in den Kern ein als wässerige Lösungen. Die chemische Zusammensetzung des Tränkungsmittels soll so sein, dafs sie dem Zellengewebe des Holzes chemisch verwandt ist, so dafs das Holz die Lauge auch ohne Druck gierig aufnimmt. In Amerika wird unter den technischen Tränkungsbedingungen immer aufgenommen, dafs der Splintgang und der Kern auf möglichste Tiefe durchtränkt sein soll. Die Schwierigkeiten der Kerntränkung liegen in den mechanischen Eigenschaften des Holzes, in der Verstopfung aller Gänge durch verschiedene Ablagerungen. Die Anwendung mechanischer Mittel in Form von Erhöhung und Verlängerung des Druckes allein kann die Frage der Kerntränkung nicht lösen. Dr. S.

Der Moffat-Tunnel (Vereinigte Staaten von Nordamerika).

Der im Bau befindliche Tunnel hat eine Länge von 9,8 km. Er liegt 2816 m über dem Meere und ist Ersatz für eine ca. 50 km lange bestehende Bahnlinie, die den Col Rolins in 3554 m Höhe überquert. Ungünstige Neigungsverhältnisse in Verbindung mit den schlechten Witterungsverhältnissen der sehr hoch gelegenen Bahnlinie verursachten ungemein hohe Förderkosten. Um diese bedeutend herabzumindern, wurde der Moffat-Tunnel in Angriff genommen.

Neben dem eingleisigen Eisenbahntunnel wird ein Stollen von 2,44 × 2,44 m Querschnitt gebaut. Dieser dient lediglich der Entwässerung des Tunnels. Die zwei Stollen werden von beiden Portalseiten aus im Abstand von 23 m von Stollenmitte zu Stollenmitte vorgetrieben. Sie werden im Abstand von 460 m durch Querstollen miteinander verbunden.

Der Hauptvorteil dieses Arbeitsverfahrens besteht darin, dafs die Einzelarbeiten nirgends gestört werden und stetig fortgeführt werden können. Der Ausbruch wird durch den Wasserstollen mittels elektrischer Förderbahn entfernt. Dadurch ist es möglich, die Erweiterung des Tunnelprofils unabhängig vom Fortschritt der Arbeiten vor Ort durchzuführen. Bei schwierigen geologischen Verhältnissen kann die Erweiterung des Stollenprofils von verschiedenen

Stellen aus gleichzeitig betrieben werden. Ein weiterer Vorteil besteht in der wirtschaftlicheren Ausnützung der Rotten. Die Bohr- und Sprengmannschaft arbeitet vor Ort an dem einen Stollen, während die Lademannschaft zu gleicher Zeit am andern Stollen den Ausbruch wegräumt. Nach Beendigung ihrer Tätigkeit werden die Arbeitsplätze gewechselt. Dadurch gibt es keine gegenseitige Störung der Rotten und sie können immer bei der gleichen Arbeit verwendet werden.

Zu einem Vortrieb, der das ganze Stollenprofil umfafst, werden im allgemeinen 26 Schufslöcher von je 2,59 m Länge gebohrt. Ihre Ladung besteht aus 70 bis 80 kg Dynamit mit einem Nitroglyceringehalt von 60% bei hartem Gestein und 40% bei brüchigem Felsen. Die Anordnung der Bohrlöcher, die Stärke der Ladung und die Schufsfolge mufs wegen der Ungleichmäfsigkeit im Gefüge des Gesteins oft geändert werden. Der Ausbruch wird mit Hilfe einer automobilähnlichen Verlademaschine in Karren geladen. Die Maschine wurde von der „Conveying-Weighing Company" konstruiert und hat sich sehr gut bewährt.

Die Schichtdauer beträgt acht Stunden. Bei normalen Verhältnissen werden von jeder Schicht zwei volle Ausbrüche durchgeführt, was einem täglichen Vortrieb von etwa 7,30 m für jeden Stollen und auf jeder Portalseite entspricht. Sch-r.

(Bulletin, März 1926.)

Schnellzugverkehr und Oberbau bei der französischen Nordbahn.

Die drei Hauptstrecken der französischen Nordbahn führen von Paris über Amiens und Abbeville nach Boulogne und Calais, über Longeau und Arras nach Lille und über Tergnier nach Erquelines. Die erstgenannte Strecke dient hauptsächlich dem Verkehr mit England, die zuletzt genannte dem nach Deutschland über Köln, aber auch nach Belgien in der Richtung Lüttich und Brüssel, und die Strecke über Lille vermittelt ebenfalls die Verbindung mit Brüssel. Alle drei Strecken haben also grofse Bedeutung für den internationalen Verkehr. Auf die ersten 30 km von Paris aus, wo alle drei dieselben Gleise benutzen, ist die Strecke viergleisig; bei Creil, 50 km von Paris entfernt, zweigt die Eisenbahn nach Tergnier, bei Longeau, 125 km von Paris entfernt, die nach Lille von der Eisenbahn Paris—Calais ab.

Auf dem viergleisigen Teil haben die von Paris ausgehenden Züge eine gegen 20 km lange Steigung 1:200 zu erklimmen, an die sich dann noch längere, aber sanfter geneigte Steigungsstrecken anschliefsen. Weiterhin folgen auf der Strecke nach Calais noch Steigungen von 1:183 in 5 km Länge und von 1:125 in 10 km Länge. Ähnlich sind die Steigungsverhältnisse in der Gegenrichtung. Wo sich die Eisenbahn Paris—Calais der Küste nähert, findet sich andrerseits eine etwa 65 km lange, im wesentlichen wagrechte Strecke, doch kann die Möglichkeit, den Zugverkehr infolge dieser günstigen Verhältnisse zu beschleunigen, nicht voll ausgenutzt werden, weil die Züge in Abbeville halten müssen, um der Lokomotive Gelegenheit zu geben, Wasser zu nehmen. Die neuen Lokomotiven der Nordbahn haben aber so grofse Tender, dafs der Wasservorrat für die ganze Strecke Paris—Calais ausreicht; die Züge müssen jedoch an einigen Stellen wegen der Streckenverhältnisse ihre Geschwindigkeit vermindern.

Auf der Verbindung nach Köln, Lüttich und Brüssel sind die Steigungsverhältnisse etwas günstiger; hier findet sich in der Gegend Creil-Noyon eine 60 km lange Wagrechte, doch folgen dann auch wieder Steigungsstrecken, so z. B. 1:333 in 13 km Länge bei Tergnier und 1:200 auf 15 km Länge bei Fresnoy.

Die Entfernung Paris—Calais beträgt 298 km; die zwei schnellsten Züge durchfahren sie mit drei Minuten Aufenthalt in Abbeville in 195 Minuten; in der Gegenrichtung beträgt die kürzeste Fahrzeit 205 Minuten. Die Einstellung neuer Züge aus Pullmanwagen in den Betriebsmittelpark der Nordbahn hat Anlafs zu Versuchsfahrten gegeben, um zu ermitteln, ob auf der Strecke Paris—Calais noch an Zeit gespart werden kann, und demnächst wird voraussichtlich die Fahrzeit auf dieser Strecke auf 185 Minuten herabgesetzt werden. Damit ist das Ziel erreicht, das dem englischen Betriebstechniker immer als erstrebenswert vorschwebt, nämlich mit Schnellzügen in der Minute eine Meile (1,61 km) zu erreichen.

Auf der Strecke über Tergnier sieht der Fahrplan vor, dafs Aulnoye, 216 km von Paris entfernt, in 136 und 134 Minuten erreicht wird. Ein ohne Aufenthalt nach Brüssel durchgehender Zug legt die 153 km lange Strecke Paris—St. Quentin in 100 Minuten zurück; der Zug nach Berlin hält in St. Quentin 102 Minuten nach seiner Abfahrt von Paris. In der Gegenrichtung sind die Fahrzeiten ungefähr dieselben.

Auf der mittleren Strecke sieht der Fahrplan für die Schnellzüge bis Arras, 193 km, Fahrzeiten von 121 bis 123 Minuten vor.

Die Züge auf diesen Strecken sind ziemlich schwer, und es werden daher, wenn der Fahrplan eingehalten werden soll, hohe Anforderungen an die Lokomotiven gestellt. Die Regelform der Schnellzug-Lokomotive auf der Nordbahn ist eine 2.C.1 mit vier Zylindern: diese Bauart stammt schon aus der Zeit vor dem Kriege, ist aber neuerdings in Einzelheiten verbessert worden.

Der Regeloberbau der französischen Nordbahn besteht aus 18 m langen Breitfufsschienen von 46 kg/m Gewicht; in den Tunneln wird eine Schiene von 55 kg/m Gewicht verlegt. Auf die Schienenlänge kommen 30, bei schlechtem Untergrund 32 Schwellen. Für die Schwellen wird Eichenholz verwendet. Die Schienen werden auf ihnen ohne Unterlagplatten in der üblichen Neigung 1:20 mit sechs Schraubennägeln befestigt. Der Stofs ist schwebend, es wird aber eine Stofsbrücke untergelegt, die die Schienenenden nicht nur von unten, sondern auch von der Seite her stützt. Sie hat an der Aufsenseite einen bis in die Kopfhöhe ragenden Flansch, zwischen den und die Stofslasche ein Holzkeil eingetrieben wird; die Aufsenlasche hat zwei wagrechte Flanschen zur Aufnahme dieses Keils.

Zum Schutz gegen Wandern werden die sechs mittleren Schwellen einer Schienenlänge in der Nähe der Köpfe durch Längseisen verbunden, und es wird je ein Stemmwinkel rechts und links angelegt, der mit dem Schienensteg verbunden ist. Die Sicherung hat sich gut bewährt.

Das Schotterbett ist unter den Schwellen 12 bis 14 cm stark; die Verfüllung reicht bis Schwellenoberkante und verläuft wagrecht bis auf 1 m Entfernung von der äufseren Schiene. Durch eine Neigung $1:1^1/_2$ ist dann eine 80 cm breite Berme angeschlossen, die mit Sand oder Asche bedeckt und somit gut begehbar ist. Der Schotter besteht meist aus Schlacke von 2 bis 6 cm Korngröfse. Auf tonigem Grunde wird unter dem Schotterbett noch eine 12 cm starke Schicht aus feinem Sand oder Asche aufgebracht.

Die Weichen sind sehr schlank; ihre Zungenvorrichtungen sind bis 12 m lang. Auf den Hauptstrecken werden neuerdings nur noch Herz- und Kreuzungsstücke aus Manganstahl eingelegt; an stark befahrenen Stellen wird auch sonst Manganstahl verwendet.

Krümmungen mit weniger als 1000 m Halbmesser sucht man auf den Hauptstrecken zu vermeiden; sie sind an die Geraden mit Übergangsbogen angeschlossen.

Auf der freien Strecke wird links gefahren. Auf den Unterwegs-Bahnhöfen ist meist auf jeder Seite ein Überholungsgleis für Güterzüge vorgesehen, in das die zu überholenden Züge zurückgesetzt werden können, ohne dafs das Hauptgleis für die Gegenrichtung dabei berührt zu werden braucht. Zwischen diesem Gleis und dem benachbarten Hauptgleis liegt meist auf beiden Seiten ein Bahnsteig, so dafs die Reisenden, um zum Zug zu gelangen, zunächst das Überholungsgleis, dann aber auch, um den Zug auf dem dem Haltestellengebäude abgekehrten Gleis zu erreichen, auch die Hauptgleise überschreiten müssen. Der Güterschuppen ist häufig so angelegt, dafs ein Gleis durch ihn hindurch führt; an ihn schliefst sich eine Laderampe an. Wernekke.

Unterhaltung von stark gekrümmten Gleisen.

Der Gemeinschaftsbahnhof in St. Louis dient dem Verkehr von 18 Eisenbahnen, die ihn täglich mit 260 fahrplanmäfsigen Zügen in Ein- und Ausfahrt benutzen. Seine 32 Gleise liegen ungefähr senkrecht zu den anstofsenden Streckengleisen, mit denen sie durch zwei dreigleisige Anschlüsse in Form eines Y verbunden sind; es können so sechs Zugfahrten nach oder von den Bahnhofsgleisen gleichzeitig ausgeführt werden. Wie verwickelt die Anlage ist, geht daraus hervor, dafs sie 24 einfache Abzweigungsweichen, 51 andere Weichen und 21 Gleiskreuzungen enthält. Die Herzstückneigung der Weichen ist allgemein 1:7, Kreuzungswinkel kommen bis 28° vor. Die Hauptzugangsgleise haben Krümmungen von 109 m; in den Gleisverbindungen gehen die Krümmungen bis zu 88 m Halbmesser. Alle diese Gleisanlagen werden von schweren Lokomotiven befahren, deren Länge in der letzten Zeit immer zugenommen hat, so dafs die Schwierigkeiten beim Befahren scharfer Krümmungen immer mehr ins Gewicht fallen. Die Lokomotiven dürfen allerdings keine höhere Geschwindigkeit als 30 km in der Stunde entwickeln, aber trotzdem

sind sie der Gefahr des Entgleisens in einer solchen Gleisanlage mehr als auf der freien Strecke ausgesetzt, und auch die Gleise leiden bei dieser Beanspruchung mehr als bei günstigeren Krümmungsverhältnissen. die Unterhaltung erfordert also erhöhte Sorgfalt. Ein Umbau der Anlage ist ausgeschlossen, die einzige mögliche Abhilfe wäre, sie ganz zu verlegen, und so mufs man sich denn mit den Schwierigkeiten abfinden und die Unterhaltung der Gleise nach der Beanspruchung einrichten. Diese bestehen übrigens aus 50 kg/m schweren Schienen mit 19 mm starken, 20 cm breiten Unterlagplatten auf Holzschwellen in Steinschotter; das Gleisbett ist gut entwässert.

Entgleisungen kommen in der beschriebenen Gleisanlage nur selten vor, bei Lokomotiven aber begreiflicher Weise häufiger als bei Wagen; sie ereignen sich meist in der Nähe der Herz- oder Kreuzungsstücke oder in anschliefsenden scharfen Krümmungen, seltener in den Krümmungen, wo keine solchen Teile liegen, ebenfalls selten in den Zungenvorrichtungen der Weichen. Durch grofse Sorgfalt bei der Unterhaltung der Gleise ist es gelungen, die Entgleisungen fast zum Verschwinden zu bringen, ohne dafs deshalb ungewöhnlich hohe Kosten aufzuwenden wären. Es mufs besonders darauf gehalten werden, dafs die Gleise die richtige Krümmung und die richtige Spurweite dauernd behalten. Die Spurweite von 1435 mm wird auch in den Krümmungen durchgeführt. Es hat sich gezeigt, dafs der Kopf der Innenschiene in Krümmungen unter dem Einflufs des Betriebes breitgewalzt wird und dafs der Baustoff des Schienenkopfes dabei nach der Innenseite des Gleises gedrängt wird; daraus geht hervor, dafs die Spurkränze in keiner Weise gegen die Innenschiene angedrückt werden. Es bedarf also weder einer Überhöhung der äufseren Schienen in diesen Krümmungen, noch einer Vergröfserung der Spurweite. Die Innenschiene in den Krümmungen hat die Neigung sich zu senken, und eine Spurerweiterung stellt sich dabei von selbst ein: man hält es daher für falsch, dem Entstehen dieser fehlerhaften Lage des Gleises dadurch Vorschub zu leisten, dafs man von der Regellage der Schienen zueinander abweicht. Um die Reibung zu vermindern wird die Fahrkante der Aufsenschienen in Krümmungen und bei Weichen, die entsprechende Stelle bei Herz- und Kreuzungsstücken täglich mit Öl geschmiert.

Besondere Schwierigkeiten macht es, die Herzstücke in der richtigen Lage zu erhalten. Überall da, wo an beiden Schienen eines Gleises durch eine Schutz- oder eine Flügelschiene oder durch einen Radlenker eine enge Spurrille gebildet wird, ist die ungünstige Einwirkung der Lokomotiven mit langem, steifem Radstand auf das Gleis besonders grofs, und es macht Schwierigkeiten, das Gleis so zu erhalten, dafs die Gefahr des Entgleisens beseitigt ist.

Vor einigen Jahren gab eine neue Lokomotivbauart mit der Achsanordnung 2 D 1, besonders wenn die Lokomotive rückwärts aus dem Bahnhof herausfuhr, Anlafs zu zahlreichen Entgleisungen. Ihr Gebrauch wurde daher zunächst auf die Gleise mit günstigeren Krümmungen beschränkt, man bemühte sich aber auch, die Ursache der Entgleisungen, soweit sie am Gleis liegt, zu beseitigen. Sorgfältige Beobachtungen liefsen erkennen, dafs der Grund dieser Unfälle in der Bauart der Herzstücke zu suchen war. Man entschlofs sich daher Herzstücke einer besonderen Bauart zu verwenden, und es ist dadurch gelungen, die Entgleisungsgefahr zu beseitigen. Bei diesen Herzstücken, Bauart Graham, wird das Rad durch das Herzstück nicht mit Hilfe des Radlenkers an der dem Herzstück gegenüberliegenden Fahrschiene geführt, sondern durch einen erhöhten Flansch am Herzstück selbst, der den Radreifen von der Aufsenseite erfafst und so das Verlassen der Fahrkante verhütet. Infolgedessen werden die beiden Radlenker entbehrlich; die ganze Bauart der Weiche wird also erheblich vereinfacht.

Es werden zwei Arten von Herzstücken der Bauart Graham angewendet: solche aus Manganstahlgufs und solche, die aus Schienen zusammengebaut sind. Bei den Schienenherzstücken ruhen die Fahrschienen in zwei Lagerkörpern aus Manganstahl, die die Schiene von aufsen stützen und deren Fufs eine Unterlagplatte für die Schiene bildet. Der Kopf der Lagerkörper ist so ausgebildet, dafs ihre wagrechte Fläche den Kopf der Schiene bis zur Breite der Radreifen verbreitert; an diese wagrechte Fläche schliefst sich dann ein senkrechter Flansch an, der den Schienenkopf um 38 mm überragt; dieser führt das Rad an der Aufsenseite bei der Durchfahrt durch das Herzstück. Häufiger als diese Schienenherzstücke werden die Manganstahlherzstücke verwendet, die mit dem gleichen Führungsflansch versehen und so gebaut sind, dafs sie ohne weiteres gegen Herzstücke der gewöhnlichen Bauart ausgewechselt werden können.

Die Herzstücke der Bauart Graham, die nicht nur in St. Louis, sondern auch in anderen Bahnhöfen verwendet werden, haben sich so bewährt, dafs sie in St. Louis in allen Weichen verlegt worden sind. Für durchgehende Hauptgleise, die mit voller Geschwindigkeit befahren werden, werden sie nicht empfohlen, aber nicht etwa, weil sie sich nicht bewährt hätten, sondern weil man dort allgemein Federherzstücke anwendet und vermutlich auch weil dort die Krümmungsverhältnisse nicht so ungünstig sind, dafs man besondere Mafsnahmen zur Vermeidung der Gefahr des Entgleisens treffen müfste. Die ersten solcher Herzstücke der Bauart Graham, etwa zwölf an der Zahl, sind um 1921 eingelegt worden; sie haben sich bis jetzt ausgezeichnet gehalten. Namentlich die Unterhaltungsarbeiten sind dadurch erleichtert worden. Es wird behauptet, dafs eine Weiche mit einem solchen Herzstück bei der Unterhaltung nicht mehr Arbeit erfordere als ein weichenfreier Gleisteil. Da das Herzstück ruhiger liegt, werden auch die Schwellen geschont, und es entfällt auch die Arbeit, die nötig ist, um die richtige Rillenweite zwischen Radlenker und Fahrschiene gegenüber dem Herzstück zu erhalten.

(Teilweise nach einem Vortrag vor einer amerikanischen Vereinigung von Bahnunterhaltungsbeamten in Engineering, News Record v. 14. X. 26. S. 620, teilweise nach derselben Zeitschrift v. 26. VI. 24, S. 1093.)

Wernekke.

Die Entlüftung des Tunnels von Mornay.

Der Tunnel von Morney liegt zwischen den Stationen Bourg und Bellegarde im Zuge der eingleisigen Teilstrecke der Verbindung Paris — Genf. Der im Jahre 1877 gebaute Tunnel ist 2551 m lang und hat einen Ausbruchquerschnitt von 22,75 m² und 26,56 m². Die Wände sind aus Bruchsteinmauerwerk hergestellt, soweit nicht fester Kalkfelsen vorhanden ist. 2465 m liegen in der Geraden und 86 m in einer Kurve mit 300 m Halbmesser. Die Höchststeigung beträgt 25 ‰. Der Höhenunterschied zwischen den beiden Portalen beträgt 39,18 m; der Scheitel des Tunnels liegt 40 m über dem einen und 0,72 m über dem anderen Portal. Die Tunnelachse verläuft westöstlich.

Die Lüftung vollzog sich bisher auf natürlichem Wege nicht schnell genug. Als gelegentlich des Unfalles eines Güterzuges im Tunnel mehrere Beamten erstickten, entschlofs man sich zur künstlichen Entlüftung. Die Strecke wird täglich von 16 Zügen und zwar von 9 Zügen in der Steigrichtung (Bourg—Bellegarde) befahren. Da nur die in der Steigrichtung fahrenden Zuge starken Rauch entwickeln, ist die Entlüftung nur zur Zeit dieser Züge notwendig.

Bei der Anlage der Entlüftungsvorrichtung war zu beachten, dafs die Geschwindigkeit des Luftstromes so gering blieb, dafs die Bahnunterhaltungsarbeiter im Tunnel nicht belästigt wurden (Höchstgeschwindigkeit = 5 m/Sek). Der Tunnel sollte vollständig rauchfrei sein, wenn der bergauffahrende Zug den Tunnel verlassen hat. Als vorteilhafteste Richtung des Frischlufstromes wurde die Richtung den bergauffahrenden Zügen entgegen gewählt und demgemäfs die Maschinenanlage am höher gelegenen Nordeingang angeordnet. Sie enthält zwei Ventilatoren, je einer an jeder Tunnelwand. Die Luftkanäle sind in Eisenbeton hergestellt, an der Einmündung in den Tunnel selbst wegen der Gefahr der Zerstörung durch Rauchgas aus Gufs.

Die Ventilatoren werden mit Riemenübersetzung von Synchronmotoren mit asynchronem Anlauf angetrieben. Die beiden Ventilatoren sind Schraubenräder von 2,80 m Raddurchmesser. Bei 240 Umdr./min und 110 PS liefert jeder Ventilator 92 m³/Sek. Luft.

Vor Inbetriebnahme der Entlüftungsanlage bestand die Vorschrift, dafs sämtliche Züge geschoben werden, Personenzüge nur mit 75 %, Güterzüge nur mit 50 % der zulässigen Belastung der Lokomotive ausgelastet werden durften.

Nach der Inbetriebnahme der Anlage verzichtete man auf die ständige Beigabe einer Schublokomotive bei Personenzügen und erhöhte die Belastung bei Güterzügen auf 75 % der regelmäfsig zulässigen.

Wa.

(Revue gén. des Chemins de fer, November 1926.)

Über Laschenbrüche.

Im „Bull. d. l'Ass. Intern. du Congrès des Chemins de Fer" vom Dezember 1926 werden neue Beobachtungen über Laschenbrüche mitgeteilt, die bei indischen Bahnen gemacht wurden.

Es wurde festgestellt, dafs in fast allen Fällen der Bruch am oberen Rande der Lasche begann. Die Laschen waren nicht ganz durchgebrochen, sondern der Bruch erstreckte sich nur bis etwa an die neutrale Achse, woraus hervorgeht, dafs es sich hier um Biegungsbeanspruchungen handelt. Wenn Zug oder Abscherung den Bruch veranlafst hätte, müfsten die Laschen vollständig durchgebrochen sein. Diese Erscheinung trat auf ohne Rücksicht auf die Richtungsverhältnisse der Strecken, die Art der Schwellen und die Schienenwanderung. Die Laschen waren 660 mm lang und hatten vier Bolzen in 152 mm Abstand. Es kamen Flach- und Winkellaschen in Frage.

Bei der Bemessung der Laschen geht man gewöhnlich von dem Belastungsfalle aus, dafs die rollende Last auf dem Stofs steht, wodurch an der Unterseite Zug auftritt. Aus diesem Grunde sind sie häufig durch starke winkelförmige Ansätze verstärkt. Diese Ansicht ist nach dem Bericht falsch. Wenn man sich die vorgefundene Art des Bruches erklären will, mufs man von der tatsächlich eintretenden Art der Durchbiegung der Schienen ausgehen. Die Schwellen, der Schotter und der Unterbau sind elastisch und erleiden Formänderungen. Die Durchbiegung einer Schiene zwischen zwei Schwellen ist verhältnismäfsig gering und fast zu vernachlässigen. Es kommt praktisch fast auf das gleiche hinaus, ob die Last zwischen den Schwellen oder auf einer Schwelle steht. Die Untersuchung einiger Biegungskurven zeigte, dafs der Achsstand der Wagen oft gröfseren Einflufs hat, als die Achslast allein. Während bei einem Achsstand von 1,50 m die Biegungslinie verhältnismäfsig flach ist, erzeugt die Biegung bei einem Achsstand von 2,70 m auf Laschenlänge ein vielleicht gröfseres Moment, als sich ergibt, wenn die Achslast auf dem Stofs selbst steht. Es hat sich im allgemeinen gezeigt, dafs das negative Moment gröfser ist als das positive.

Das Bestreben ist nun neuerdings, die Laschen möglichst zu verkürzen. Es werden bei den neuen Oberbauarten gewöhnlich nur noch Laschen mit vier Bolzen verwendet. Im „Journal of the Permanent Way Institution“, April 1923, wird ausgeführt, dafs der gröfste Teil der Brüche den langen Laschen mit sechs Bolzen zuzurechnen ist, während die Laschen mit vier Bolzen verschiedene Vorteile haben: sie ergeben eine bessere Gleislage, sind leichter zu unterhalten und bewirken ein ruhigeres Fahren. Lloyd Jones, Chefingenieur der Staatsbahnen in Nizam, hat durch Versuche gezeigt, dafs die Festigkeit eines Stofses unabhängig ist davon, wieviele Bolzen vorhanden sind und wie stark sie angezogen sind. Man kann sich einen Begriff von der Erhöhung des Biegungsmomentes bei langen Laschen machen, wenn man bedenkt, dafs das Trägheitsmoment des zusammengesetzten Querschnittes, Lasche und Schiene, gröfser ist als z. B. in Schienenmitte und dafs hierdurch die Biegungslinie sehr flach wird. Je länger und starrer die Laschen nun sind, um so mehr vermindert sich die Biegungsfähigkeit des zusammengesetzten Querschnittes und um so gröfser sind auch die Kräfte, die von der Lasche aufgenommen werden müssen.

Aus allen Beobachtungen ergibt sich, dafs man den Laschen die kleinstmögliche Länge geben sollte. Nachdem nachgewiesen ist, dafs in jedem Stofs zwei Bolzen genügen, um dem Stofs die notwendige Festigkeit zu geben, glaubt der Verfasser, dafs es kaum nötig wäre die Laschen länger als 20 cm zu machen. Man hat allerdings geltend gemacht, dafs auf jeder Seite des Stofses mehr als ein Bolzen erforderlich sei, um der Schienenwanderung zu begegnen. Bei kürzeren Laschen wird die Zug- und Scherkraft nicht erhöht. Allerdings wird der Druck zwischen Lasche und Schiene wesentlich gröfser; doch dürfte dies durch einen härteren Stahl ausgeglichen werden können. Wa.

Buchbesprechungen.

Die Förderung von Massengütern von Georg v. Hanffstengel, Professor an der technischen Hochschule Berlin. 2. Band, 1. Teil: Bahnen. Dritte Auflage. Verlag von J. Springer, Berlin 1926. Preis 24 RM.

Das Hanffstengelsche Werk über die Förderkunde von Massengütern liegt nunmehr zum gröfsten Teil in dritter Auflage vor: die stetig arbeitenden Förderer im ersten Band, die Bahnen im ersten Teil des zweiten Bandes; folgen sollen die Krane im zweiten Teil des zweiten Bandes. Die reiche Entfaltung des Förderwesens forderte eine Unterbringung in mehreren Bänden, sollte der handliche Einzelumfang gewahrt bleiben. Der vorliegende Band II/1 zeigt eine Neuerung gegen früher insofern, als die einzelnen Hauptabschnitte von Fachmännern als besonderen Sachverständigen bearbeitet worden sind.

Die Standbahnwagen für Massengüter behandelt Reichsbahnoberrat Laubenheimer vom Eisenbahnzentralamt. Ausgehend von einem allgemeinen wirtschaftlichen Überblick und nach Erwähnung der handentladenen Wagen und der Regelformen der Deutschen Reichsbahn-Gesellschaft widmet er den Wagen mit Schnellentladung (Kipp-, Kübel-, Kohlenstaubwagen) und mit Selbstentladung (Boden- und Seitenentleerer) den meisten Raum. Allein 101 Abbildungen dienen zur Veranschaulichung der Mannigfaltigkeit dieser beiden Gruppen. Für die Wagenkipper ist der Direktor von J. Pohlig, Köln-Zollstock, Herm. Schmarje gewonnen worden; den besonderen Bauelementen und den Grundformen der Kipper als Einführung folgen die Ausführungsarten (einfache Doppel-, Schaukel-, Schwing-, Drehscheibenkipper, Kipperbrücken, Wipper) in reichster Auswahl, so dafs man eine vollzählige Aufführung vor sich zu haben meint. Die Standbahnen mit Zugmittelantrieb entstammen der Feder des Direktors F. Walla der Gesellschaft für Förderanlagen Ernst Heckel, Saarbrücken. Aus der Erörterung der Gesamtanordnung geht er auf die Elemente über: Antrieb, Zugmittel mit Führungsarten, Wagenbefestigungsmittel, Sicherheitseinrichtungen, um mit den Berechnungsgrundlagen für Förderleistung und Energiebedarf, sowie Gesichtspunkten für die Anwendbarkeit zu schliefsen. Angeschlossen sind Seilrangieranlagen und Verschiebewinden. Dr. Ing. L. Stelling, Leipzig und Dipl.-Ing. R. Stelling, Dresden haben den letzten Abschnitt über Hängebahnen bearbeitet: Handhängebahnen mit ein- und zweischieniger Laufbahn, Drahtseilbahnen mit einem und zwei Seilen (mit Zubehör und Berechnung) und Elektrohängebahnen mit ihren elektrischen Einrichtungen, sowie Elektrowinden; zum Schlufs Erörterung der Anwendungsgebiete. Im Anhang werden Grundformeln für die Berechnung und spezifische Gewichte gegeben.

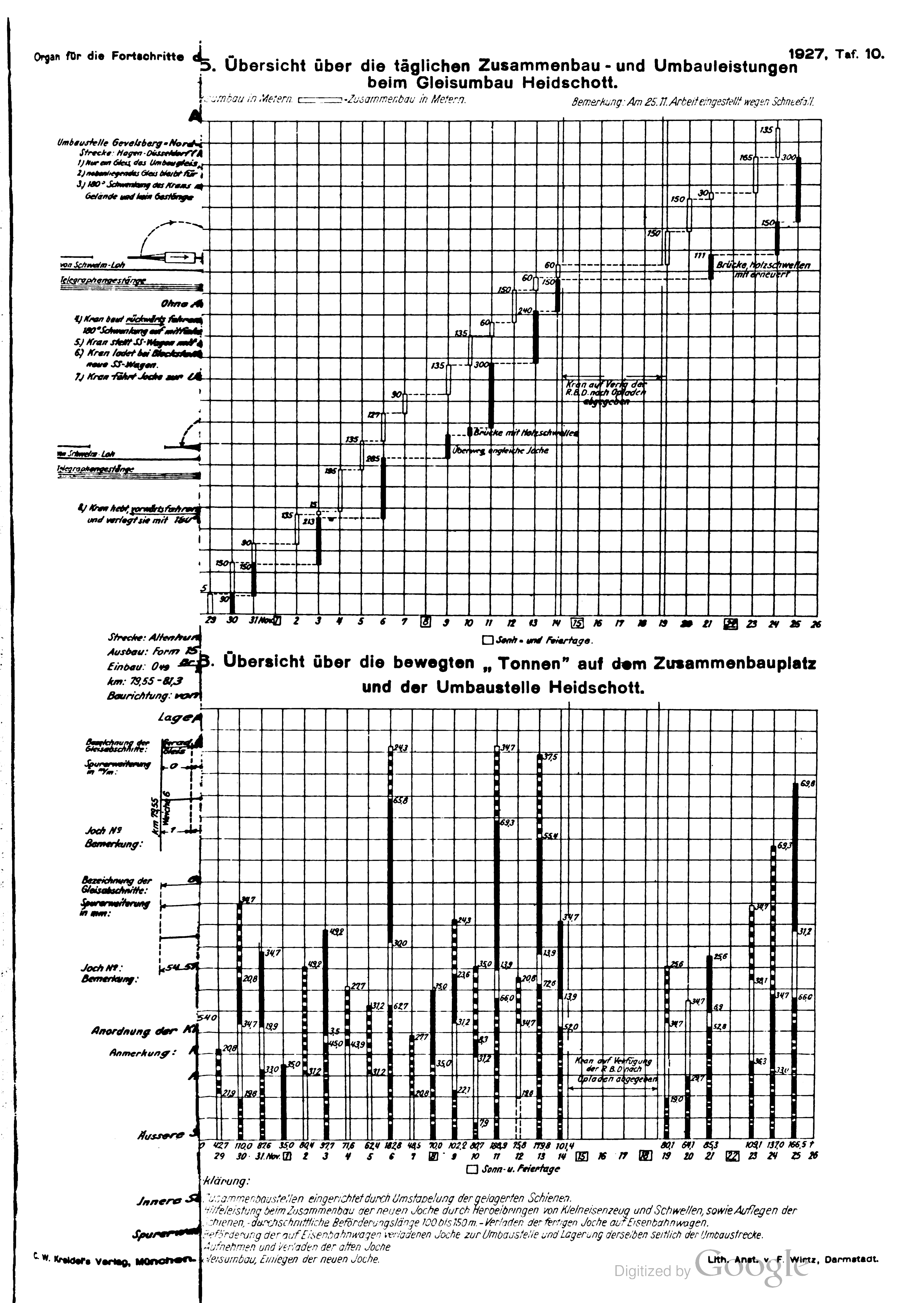
Dafs der Verfasser diese Sonderfachmänner zur Mitarbeit gewonnen hat, gereicht dem Werk zum Vorteil. Denn es will fast scheinen, als ob es bei der aufserordentlichen Vielseitigkeit der Entwicklungsformen des Förderwesens allmählich für einen Mann unmöglich geworden sei, den Stoff in gleicher Reichhaltigkeit und Übersichtlichkeit auszuwerten. Denn innerhalb des Gesamtrahmens hat der Verfasser keine Grenzen für die Verwendungsgebiete gezogen. Trotz der Bearbeitung von verschiedenen Mitarbeitern liest sich das Werk wie eine frühere Auflage des Verfassers selbst. Auf reichste zeichnerische und bildliche Darstellung ist der Hauptwert gelegt, der Text ist so knapp wie möglich gehalten (555 Abbildungen, 345 Seiten Umfang). Das Werk dient mehr der kritischen Beschreibung und Berechnung; bezüglich der wirtschaftlichen Gesichtspunkte bildet das kleine neubearbeitete Werk: „Billig Verladen und Fördern“ vom gleichen Verfasser die notwendige Ergänzung.

Der vorliegende 1. Teil des 2. Bandes der Förderung von Massengütern wird die Beliebtheit des Verfassers aufs neue bestätigen. Druck und Zeichnung sind wieder ausgezeichnet. Reichsbahnrat Wentzel.

Zillich, Statik für Baugewerksschulen und Baugewerksmeister. 2. Teil: Festigkeitslehre. Berlin 1926. Verlag Wilhelm Ernst und Sohn. Preis geheftet 3,40 RM.

Das bereits in 9. Auflage erschienene Büchlein hat seit etwa einem Vierteljahrhundert seine feste Stellung auf dem Büchermarkte: auch die neueste Auflage zeigt die Vorzüge der früheren, nämlich Beschränkung auf das Nötigste und dieses in klarer, lichtvoller Darstellung. Die neueren Ergebnisse des Knickproblems sind z. B. auf engstem Raume überzeugend dargestellt. Für den Hochbautechniker, auf den das Büchlein in erster Linie zugeschnitten ist, wird auch die neue Auflage wieder ein bewährtes Hilfsmittel bilden. Dr. Bl.

Für die Schriftleitung verantwortlich: Reichsbahnoberrat Dr. Ing. H. Uebelacker in Nürnberg. — C. W. Kreidel's Verlag in München.
Druck von Carl Ritter, G. m. b. H. in Wiesbaden.


5. Übersicht über die täglichen Zusammenbau- und Umbauleistungen beim Gleisumbau Heidschott.
-Zusammenbau in Metern.
Bemerkung: Am 25.11. Arbeit eingestellt wegen Schneefall.
Umbaustelle Gevelsberg-Nord
Strecke: Hagen-Düsseldorf
von Schwelm-Loh
Telegraphengestänge
Brücke, Holzschwellen mit erneuert
Kran auf Verfüg der R.B.D. nach Opladen abgegeben
Brücke mit Holzschwellen
Überweg, ungleiche Joche
Sonn- und Feiertage.
Strecke: Altenhun
Ausbau: Form 15
Einbau: 0
km: 79,55-81,3
Baurichtung: von
6. Übersicht über die bewegten „Tonnen" auf dem Zusammenbauplatz und der Umbaustelle Heidschott.
Bezeichnung der Gleisabschnitte:
Spurerweiterung in mm:
Joch Nº
Bemerkung:
Anordnung der K
Anmerkung:
Äussere S
Innere S
Kran auf Verfügung der R.B.D. nach Opladen abgegeben
Sonn- u. Feiertage
Erklärung:
Zusammenbaustellen eingerichtet durch Umstapelung der gelagerten Schienen.
Hilfeleistung beim Zusammenbau der neuen Joche durch Herbeibringen von Kleineisenzeug und Schwellen, sowie Auflegen der Schienen, -durchschnittliche Beförderungslänge 100 bis 150 m.- Verladen der fertigen Joche auf Eisenbahnwagen.
Beförderung der auf Eisenbahnwagen verladenen Joche zur Umbaustelle und Lagerung derselben seitlich der Umbaustrecke.
Aufnehmen und Verladen der alten Joche
Gleisumbau, Einlegen der neuen Joche.
C. W. Kreidel's Verlag, München.
Lith. Anst. v. F. Wirtz, Darmstadt.

1927
82. Jahrgang.

Heft 5
15. März

ORGAN

FÜR DIE FORTSCHRITTE DES EISENBAHNWESENS

TECHNISCHES FACHBLATT
DES VEREINS DEUTSCHER
EISENBAHNVERWALTUNGEN



HERAUSGEGEBEN VON
DR. ING. H. UEBELACKER
C. W. KREIDEL'S VERLAG · MÜNCHEN

Inhalt:

Über die „schienenfreien Gleisentwicklungen". Dr. Ing. Bäseler. 73. — Taf. 11 und 12.
Versuche über die Beweglichkeit der Schienenenden in Stoßverbindungen. Dr. Ing. Otto Ammann. 78. — Taf. 13.
Die neueren Baustähle. Füchsel. 81.
Wärmeableitung aus den Schienen nach der Bettung und Weglassung der Stoßlücken im Eisenbahngleise. R. Scheibe. 83.
2 F 1-h 3 Lokomotive der Union Pacific Bahn. 86.
2 D 1-h 2 Schnellzuglokomotive der Madrid-Zaragossa-Alicante Bahn. 87.
2 D 1-h 3 Lokomotiven für schweren Personenzugdienst der Denver und Rio Grande Western Bahn. 88.
Sammler-Lokomotive mit benzol-elektrischer Hilfsmaschine. 88.

Besprechungen.

W. Gehler, Erläuterungen mit Beispielen zu den Eisenbetonbestimmungen 1925. 88.


BAMAG-MEGUIN

Organ für die Fortschritte des Eisenbahnwesens

Technisches Fachblatt des Vereins Deutscher Eisenbahn-Verwaltungen

Schriftleitung: **Dr. Ing. H. Uebelacker, Nürnberg,** unter Mitwirkung von **Dr. Ing. A. E. Bloss, Dresden.**

82. Jahrgang | **15. März 1927** | **Heft 5**

Über die „schienenfreien Gleisentwicklungen“*).

Von Reichsbahnrat Dr. Ing. Bäseler, München.

Hierzu Tafel 11 und 12.

Die B. O. wird augenblicklich neu aufgelegt und bei dieser Gelegenheit etwas überholt. Eine unmittelbare Folge meiner Veröffentlichung über schienenfreie Gleisentwicklungen war, dafs von amtlicher Seite der Antrag gestellt wurde, dem § 13 eine neue Fassung im Sinne meiner Ausführungen zu geben, da er augenscheinlich nicht mehr erfüllt sei. Nur wegen des vorläufigen Charakters der jetzigen Neubearbeitung wurde davon abgesehen, die schwierige Frage schon anzugreifen.

Zunächst zur Begriffsbildung. Die Einwendungen gegen die Bezeichnungen »schienenfrei« und »schienengleich« sind richtig. Aber »kreuzungsfreie Gleisentwicklungen« befriedigt wohl noch weniger. Man braucht die »Kreuzung« unvermeidlich als Hauptbegriff, wenn man zwischen »überflüssigen« und »notwendigen« unterscheiden will, oder zwischen »schienenfreien« und »schienengleichen«. Alles das sind »Kreuzungen«. Man könnte die angefochtenen Bezeichnungen recht wohl rechtfertigen, indem man sagt: Wenn zwei Gleise in verschiedener Höhe übereinander wegführen, ist zwar keines »von Schienen frei«, aber es sind doch die »Schienen voneinander frei«, und wenn sie in gleicher Höhe liegen, liegen eben die »Schienen gleich«. Ich will niemanden veranlassen, diese Auslegung anzunehmen; aber solange ich nichts besseres habe, bleibe ich bei »schienenfrei« und »schienengleich«. Es sind mir verschiedene Vorschläge zur Lösung der Schwierigkeit zugegangen; die Frage mufs einmal besonders behandelt werden.

Nun zur Sache. Ich unterscheide mit Herrn Geheimrat Cauer bei meinen Vorschlägen zweierlei:

1. Nachbarschaft von Brücke und Weiche, aber ganz ohne jede schienengleiche Kreuzung, Musterbild etwa Abb. 1, Taf. 11.
2. Dasselbe, aber aufser mit schienenfreien auch mit schienengleichen Kreuzungen, Musterbild etwa Abb. 2, Taf. 11.

Über Punkt 1 besteht ziemliche Übereinstimmung; auch ich glaube, dafs wir bei einem praktischen Fall zu Ergebnissen kommen würden, die nicht allzu verschieden sind. Nur mufs ich gewisse Auffassungen abschwächen. Von einem Regelverfahren in dem unterlegten Sinne habe ich nicht gesprochen. In meinem ersten Aufsatz (Vereinszeitung 1918, S. 897) heifst es: »Man mufs ständig bestrebt sein, diese (die Richtlinien der Handbücher für Gleisentwicklungen) zu erweitern. Jedes Kleben am Schema ist ängstlich zu meiden; würde man sich doch dadurch gerade der eigenartigsten und unwiederholbaren Lösungen berauben«. Das klingt wohl nicht nach einem Anspruch auf Ausschliefslichkeit. Wenn ich gelegentlich das Wort Regel gebraucht habe, so beweist das nichts. Es gibt selbst in den exakten Wissenschaften Fälle, wo man mehrere »Regeln« zur Lösung verwenden kann, z. B. bei Differentialgleichungen. Man nimmt die, die am schnellsten oder besten zum Ziele zu führen verspricht, manchmal versucht man es auch mit mehreren. Meine Ausführungen wenden sich doch gerade gegen eine gewisse Übung, die nach Ausweis der Handbücher und der Praxis Gefahr läuft, ein Schema zu werden. Ich will gewifs kein neues an die Stelle des ersten setzen, sondern handhabe sehr wohl auch die älteren »Regeln«, je nach dem Fall. Die Erwartung, dafs die neue »Regel« für manche sonst aussichtslose Fälle gute Lösungen ergibt, ist deshalb noch kein ungerechtfertigter Optimismus.

Dafs das Gelände manchmal meinen Gleisentwicklungen ungünstig sein kann, ist richtig; es kann aber auch umgekehrt sein. Solche Einzelheiten untersucht man besser an Beispielen. Die Entwässerung flacher Einschnitte in ebenem Gelände macht bei kiesigem Untergrunde oder in der Nähe eines städtischen Sammelkanals keine Schwierigkeiten; Beispiele gibt es.

Die wirklichen Schwierigkeiten liegen in dieser Frage wo anders. Wenn man einen alten Bahnhof hat und gewisse Kreuzungen beseitigen soll, so hat man in unmittelbarer Nähe meist weder Platz noch Höhenspielraum. Dann kommt man von selbst zu den üblichen, weder schönen noch wegen der Bedienung vorteilhaften Lösungen mit weit draufsen liegenden Abzweigpunkten, eigenen Stellwerken und grofser Sperrigkeit, deren Beseitigung der wesentlichste Vorteil des neuen Verfahrens ist. Das beweist aber nichts für ganz neue Lösungen, und solche kommen immerhin nicht so ganz selten vor, wenn z. B. ein Bahnhof hinausverlegt wird. Da wird aber nun häufig dasselbe gemacht. Es ist wie bei unseren Weichenentwicklungen; die auf älteren Bahnhöfen bestehenden sind gewöhnlich eine historische Häufung von Zufälligkeiten, und ihr Aussehen trübt empfindlich den Blick dafür, wie sie aussehen könnten und sollten, wenn sie neu zu schaffen wären. Wenn das Wort erlaubt ist: Die platonische Idee eines Gleisplans, einer schienenfreien Gleisentwicklung, ja eines ganzen Bahnhofs ist im allgemeinen noch gar nicht gefunden, mindestens nicht bewufst. Was wir beim Entwerfen gewöhnlich haben, ist ein Betriebsprogramm, welches meist auch gewisse räumliche Wünsche einschliefst, aber es sind eben Wünsche, noch keine räumliche Gestaltung. Wir kommen deshalb fast nie zur Verwirklichung der ungekannten Idee, auch da nicht, wo sie anwendbar ist. Soweit hat Coué sicher recht; man erlangt nur das, was man sich vorzustellen vermag, ja recht lebhaft vorstellt. Es geht hier an einer höchst wichtigen Stelle um das künstlerische Element in der Eisenbahn. Darüber könnte man Bände schreiben. Ich will niemanden überzeugen, der es nicht fühlt; die Dinge sind schwer zu beweisen; aber ich darf mitteilen, dafs schon die erste offene Aussprache darüber viele geradezu begeistert hat.

Architekten greifen, auch in Verwaltungsstellen, oft genug zum Bleistift und gestalten selbst einen Grundrifs oder eine Schauseite. Gleistechniker selten. Das ist aber sehr schade. Ich kenne manchen Mann in hoher und höchster Stellung, der es tut; es sollte steter Brauch werden. Die Aufgabe, eine Gleisentwicklung zu gestalten, ist ja so schön, wenn auch spröde.

Warum ich den Fall Darmstadt nicht näher studierte? Weil die Gründe unwesentlich sind. Mag die sperrige Lösung hier so berechtigt sein, wie sie will, es geht um den Grundsatz. In meinem vorigen Aufsatz hatte ich ursprünglich Vergleiche mit dem Ausland gezogen; ich habe sie, einem wohl-

*) Vorgänge: Bäseler, Z. d. V. d. E. V. 1918, Nr. 87/88; Z. d. V. d. E. V 1919, Nr. 18/19, Nr. 64; Blum, Die Reichsbahn 1925, Nr. 25; Cauer, V. W. 1925, Nr. 38/39; Bäseler, V. W. 1926, Nr. 7/8; Cauer, V. W. 1926, Nr. 28. Vergl. auch Zeis, Z. d. V. d. E. V. 1927, Nr. 6.



meinenden Rate folgend, gestrichen und mufs mir auch heute noch aus naheliegenden Gründen versagen, darauf einzugehen.

Ich habe nun einmal das Empfinden, dafs eine Gleisentwicklung, die so grofs ist wie die zugehörige Stadt, zu schweren Bedenken Anlafs gibt, ob wir auf dem richtigen Wege sind, und ob solche Anlagen nicht das die Eisenbahn so schwer belastende Mifsverhältnis zwischen stehendem und umlaufenden Kapital unnötig vergröfsern. Aus diesem Widerspruch des natürlichen Menschenverstandes gegen den Aufwand erklärt sich auch meine absichtlich nicht »fachmännische« Ausdrucksweise.

Aber das ist alles noch nicht belangreich. Bei Punkt 2 beginnt der wirkliche Widerspruch. Er beruht aber nur auf einem Mifsverständnis über die von mir beabsichtigte Auffassung der Einfahrsignale, und er dürfte sich wohl nach dessen Aufklärung im wesentlichen erledigen.

Ich hatte stets betont, dafs meine Gleisentwicklungen — zunächst — innerhalb »der« Einfahrsignale liegen sollten. Herr Geheimrat Cauer schliefst nun folgendermafsen.

In der betreffenden Abbildung (Nr. 2 auf Seite 75 der V. W. 1926) zweigen von zwei einem Personenbahnhof zulaufenden zweigleisigen Eisenbahnen vorher die Ein- und Ausfahrgleise eines Umstellbahnhofs ab. (Dafs dieser »vorgeschoben« sei, habe ich nicht gesagt.) Daraus, dafs die vor diesen Weichen und Kreuzungen stehenden Signale für den Umstellbahnhof Einfahrsignale seien, hätte ich gefolgert, dafs die Kreuzungen zulässig seien, während die Signale doch für die durchlaufenden Personengleise einfache Blocksignale seien, das Ganze also freie Strecke sei.

Ich war verwundert, als ich das las; denn diese in der Tat durchaus unzulängliche Konstruktion war mir niemals in den Sinn gekommen. Die Signale sollten selbstverständlich auch für den Personenbahnhof Einfahrsignale sein. Ich glaubte, das klar gesagt zu haben. Ich habe dann nachgeforscht; es haben namentlich von den Fachgenossen, die amtlich mit diesen Fragen zu tun haben, alle, die ich befragt habe, die Ausführungen in meinem Sinne aufgefafst. Es wäre ja auch verwunderlich, wenn mir gerade hier eine so grobe Unklarheit unterlaufen wäre, obwohl ich mich weiterhin so sehr bemüht hatte, die Grenzen der Begriffe Strecke und Bahnhof festzustellen.

Hingegen hätte ich sehr wohl verstanden, wenn man bezweifelte, ob das innerhalb praktischer Grenzen überhaupt möglich sei. Die eben genannte schematische Abbildung kann in dieser Hinsicht vielleicht etwas irreführend wirken. Abb. 3, Taf. 11 zeigt, wie man sich die alte Abb. 2 etwa fortgesetzt denken mufs. Die Bahnsteige sollen bald hinter den Brücken kommen; wenn man für sie verschiedene Höhenlage zuläfst, sind es nur 700 m von den Signalen bis zu den Anfängen der Bahnsteige. Der ganze rechte Bahnhofsflügel steht also unter Deckung der Einfahrsignale; Blockstrecken in den Personengleisen sind weder nötig noch angebracht. Der linke Flügel wird natürlich so weitläufig, dafs das an dieser Seite nicht geht.

Immerhin ist Abb. 3, Taf. 11 eine nicht durchgearbeitete Skizze. Um eine deutliche Anschauung zu geben, was gemeint ist, habe ich in Abb. 4a und b, Taf. 11 und Abb. 1a bis e, Taf. 12 einen beiderseitig nach meinen Vorschlägen entwickelten Bahnhof vollständig und mafsstäblich durchgezeichnet (Entwurf I).

Von jeder Seite kommen zwei zweigleisige Linien, von links A und B, von rechts C und D. Ob es sich um einen Berührungs- oder Kreuzungsbahnhof handelt, ist ohne Belang. Die Einfahrsignale stehen etwa 700 m vor den Anfängen der Bahnsteige. Diese sind 300 m lang. Die ganze Bahnhofslänge ist also 1700 m, was für einen Bahnhof von diesem Umfange noch nicht einmal viel ist. Innerhalb dieser geringen Länge ist alles vollzogen, was an Abzweigungsweichen, Kreuzungen, Überwerfungen und Zwischenrampen nötig ist. Dabei ist aber nicht nur der gröfsere Teil der Zugkreuzungen, sondern sogar ein Teil der Kreuzungen der Umstellverbindungen beseitigt. Die Gütergleise haben keine stärkere Neigung als 1 : 200. Auf Gleisen, wo Züge stehen, ist den Bestimmungen entsprechend keine Neigung über 1 : 400, abgesehen von den Verschubgleisen. Die Personengleise haben 1 : 100. Halbmesser der Personengleise 1000 m. Alles schlank und zügig, sehr wenige und keine kurzen Gegenbogen. Die Bahnsteige sind lang und breit; für jede Richtung ist ein Überholungsgleis vorhanden. Am linken Flügel befindet sich, auch noch innerhalb der Bahnhofslänge, mitten gelegen und von allen Gleisen gut erreichbar, ein Abstellbahnhof.

Es ist angenommen, dafs der Bahnhof im Personenverkehr hauptsächlich durchfahrende Züge hat; andernfalls liefsen sich gröfsere Abstellanlagen an der Seite ohne weiteres einrichten. Im Güterverkehr soll er, aufser erheblichem Ortsverkehr, auch noch gewisse örtliche Zugbildungsaufgaben in der Richtung nach rechts haben. Die Güterzüge nach links setzen hingegen nur Gruppen ab und an. Für die Zugbildung ist ein Ablaufberg mit Gleisbremsen vorhanden, einige Sammelgleise und eine Stationsharfe mit Gefäll, so dafs die Gruppen mit Schwerkraft in das Zugbildungsgleis ablaufen können, alles auf der beschränkten Länge. Für die Hauptumstellrichtung sind vier Ein- und Ausfahrgleise vorgesehen, aufserdem zwei besondere Zugbildungsgleise. Eine Vermehrung wäre unschwer möglich.

Der Bahnhof ist trotz allem so kurz, dafs er mit zwei Stellwerken, einem an jeder Seite, auskommen könnte, wenn man nur nach der äufsersten zulässigen Entfernung der Weichen vom Stellwerk ginge. Praktisch braucht man einige mehr. Der Bahnhof ist unseren mittleren Bahnhöfen dieser Art ungemein ähnlich, nur eben, dafs die meisten Kreuzungen schienenfrei sind. Die hauptsächlichsten, sehr flachen Rampen, die dazu nötig sind, liegen weit draufsen auf der freien Strecke, jenseits der Einfahrweichen. Es gibt keine vorgeschobenen Abzweigpunkte, die unsere jetzigen Gleisentwicklungen so weitläufig machen. Das etwa ist ein Beispiel von dem, was ich mit dem Ausdruck »Der Bahnhof als Höhenbauwerk« bezeichnen wollte; dadurch, dafs die dritte Dimension auch innerhalb des Bahnhofs zu Hilfe genommen wird, ergibt sich durch geschickte und sinnvolle Schaltung von Brücken, Weichen, Bogen und Rampen die Möglichkeit, das Erforderliche auf einem aufserordentlich kleinen Raum herzustellen.

Der Bahnhof hat nur eine Eigentümlichkeit: Die Gütereinfahrgleise der einen Richtung, nicht der Hauptumstellrichtung, liegen im ganzen Bahnhof hoch. Man kann sie bei dieser Kürze nicht mehr herauf- und herunterführen. Aber was macht das? Man mufs mit den Gruppen, die man an- und absetzt, einige Meter steigen oder fallen. Auf so vielen mittleren Bahnhöfen, die am Ende, wie hier, einen Ablaufberg haben, mufs jede Gruppe, die von den Umstellgleisen zu den Einfahrgleisen soll und umgekehrt, über den Berg geschleppt werden.

Da das immerhin für manche Zwecke hinderlich sein mag, ist in Abb. 5, Taf. 11 ein Bahnhofsflügel gezeichnet, bei dem auch die Gütergleise beider Richtungen auf eine Höhenlage zusammengeführt sind. Es ist angenommen, dafs die Gütergleise Neigungen von 1 : 100 vertragen, wie es im Hügelland üblich ist; aber auch wenn man sich auf 1 : 150 oder selbst 1 : 200 beschränkt, kommen noch keine Längen heraus, die es verhindern würden, die Entwicklung unter den Schutz der Einfahrsignale zu legen. (In Abb. 5, Taf. 11 sind es vom Bahnsteigende bis Einfahrsignal 700 m.) Man sehe sich doch einmal unsere üblichen Entwürfe an, welche Häufung von Zufälligkeiten, abgesetzten Weichenstrafsen, kleinen Zwischenbauwerken, verlorenen Gleisstrecken! Ehe man sich versieht, ist ein halber Kilometer Länge verloren. Ich weifs sehr wohl, dafs man das bei einem Erweiterungsbau meist nicht ändern kann. Aber

wir fühlen ja oft nicht einmal das Ziel, die Tendenz! James Watt hat einen der feinsten Aussprüche über den Ingenieur getan, als er sagte: »Den Ingenieur erkennt man an dem, was nicht da ist.« Die Kunst des Wegstreichens, wenn das Gebilde unter den Fingern zu vielteilig, zu umfangreich, zu ungestaltig, zu ungegliedert wird, des Zusammenstreichens auf ein strenges logisches, einfaches und doch oder gerade dadurch gefälliges Minimum, das ist die eigentliche Kunst des Ingenieurs. In diesem Sinne ist der Bahnhof in höchstem Mafse ein Raumproblem, nicht anders als der Grundrifs des Architekten. Ein gutes Betriebsprogramm und seine Erfüllung ist noch wenig; es ist nicht mehr, als wenn der Bauherr dem Architekten Zahl und Gröfse seiner Zimmer angibt. Dahinter erst beginnt die Aufgabe, die als solche oft gar nicht bewufst empfunden wird, während die Kunst der Grundrifsgestaltung ein geläufiges Problem ist. Wenn wir nicht an das Vorhandene gebunden wären, könnten wir unsere Bahnhöfe im Durchschnitt auf dem halben Raum herstellen, bei gleicher Leistung. Wer davon nichts fühlen sollte, mit dem will ich nicht streiten. Übrigens zweifle ich nicht im mindesten, dafs auch Herr Geheimrat Cauer diesen Gedankengängen grundsätzlich zustimmt und dafs nur das erwähnte Mifsverständnis ihn im vorliegenden Falle abgehalten hat, auf sie einzugehen.

Es kann allen jüngeren Fachgenossen nur dringend geraten werden, sich diesen schönen Aufgaben zu widmen, wenn sie ein wenig Lust zum Zeichnen haben. Etwas Anlage mufs da sein. Aber gar so schwer ist es nicht. Ein Mitarbeiter von mir machte nach wenigen Versuchen Pläne, die besser und freier waren als meine. Persönliche Aussprache hilft viel; ich stehe gern zu Diensten. In vielen praktischen Fällen gelingt nur wenig. Aber man lasse sich um alles in der Welt dadurch den Blick für die Grundfrage nicht einengen.

Man könnte vielleicht einwenden, ich hätte die obigen Bahnhofsentwürfe gleich bringen sollen, dann wäre das grofse Mifsverständnis erspart geblieben. Aber ist jemand, der einem neuen Gedanken Worte gibt, verpflichtet, ihn auch gleich bis ins Letzte durchzuführen? Das ist häufig eine grofse Arbeit, die nicht sogleich ausführbar ist. Darf er nicht erwarten — wenn man sonst von ihm weifs, dafs er nichts geradezu Unverständiges zu schreiben pflegt — dafs man versucht, in seine Gedanken einzudringen, ehe man tadelt, und, wenn etwas unverständlich bleibt, bei ihm anfragt? Das ist doch eine so kleine Mühe. Dafs solche unverstandenen Reste vorkommen, ist nicht verwunderlich. Jeder wirkliche Fortschritt ist nicht eine kleine Umstellung, sondern eine grofse, die viele kleine nach sich zieht, darunter sowohl günstige wie ungünstige. Das alles gleich zu übersehen, ist auch bei guter Denkarbeit für den Leser schwer. Selbst der Autor hat ja doch — wenn er nicht ungezügelten Sinnes darauf los schreibt — einen langen Prozefs der Loslösung von vorhandenen Vorstellungskreisen durchmachen müssen, ehe er so weit war.

Wir stellen also fest, dafs es recht wohl möglich ist, schienenfreie Gleisentwicklungen nach meiner Art in ziemlich weitem Umfange innerhalb der Einfahrsignale unterzubringen, dafs solche Bahnhöfe sehr kurz und zügig werden, dafs hierbei nicht nur der überwiegende Teil der Zugkreuzungen, sondern sogar ein bedeutender Teil der Umstellkreuzungen schienenfrei wird, dafs man nicht mehr Stellwerke braucht, als bei einem Flachbahnhof und dafs die Sicherungsanlagen — gerade wegen der beseitigten Kreuzungen — verhältnismäfsig einfach werden, so dafs kaum ein Zweifel über ihre Ausbildung entstehen kann und schon gar nicht über die etwaige Zulässigkeit der wenigen, noch verbleibenden schienengleichen Kreuzungen. Zwar wird man bei so grofsen Vorzügen auch gewisse mehr oder weniger zutreffende Einwände gegen solche Bahnhofsformen machen können, aber das würde, selbst wenn es im gegebenen Falle entscheidend wäre, nichts beweisen; denn das stand nicht zur Erörterung, sondern ob die Auffassung der äufsersten Signale als Einfahrsignale richtig sei.

Am meisten wird man die hohen Kosten einwenden, die die Erdarbeiten anscheinend verursachen. Das ist aber nur Täuschung. Zum Vergleich ist in Abb. 2a und b, Taf. 12 die rechte Hälfte desselben Bahnhofs mit der üblichen Gleisentwicklung gezeichnet (Entwurf II). Man erkennt leicht, welch bedeutender Mehraufwand in ihr steckt, obwohl mit dem Halbmesser der Personengleise, im Gegensatz zu Entwurf I, auf 500 m heruntergegangen ist. Ein Kostenüberschlag der hauptsächlichsten Ansätze ergibt etwa folgendes.

Einmalige Ausgaben.	
a) Bei Entwurf II:	
Grund und Boden	
85000 qm zu ℳ 12.— (Baugelände angenommen)	1020000 ℳ
Oberbau	
7000 lfd. m Gleis zu ℳ 56.— (Beschaffung, Verlegung, Fracht, Schotter). . . .	392000 »
Stellwerke	
vier Abzweigstellwerke mit je drei Vor- und Hauptsignalen, dazu je ein Vor- und Hauptsignal mehr im Bahnhof zu ℳ 18000.—	72000 »
Personentunnel (tiefere Grundung) . . .	16000 »
	1500000 ℳ
b) Bei Entwurf I:	
Mehr an Erdarbeiten 150000 cbm zu 1,80 ℳ	270000 ℳ
Mehrkosten der längeren Strafsenbrücke .	20000 »
Mehrkosten der längeren Überwerfungsbauwerke	80000 »
	370000 ℳ
Dauernde Ausgaben.	
a) Bei Entwurf II:	
3 × 4 = 12 Stellwerkswärter zu ℳ 3000.—	36000 ℳ
Oberbau: Unterhaltung 7 × 600 ℳ/km .	4200 »
Abschreibung 7 × 2300 . . .	16100 »
	56300 ℳ
b) Bei Entwurf I:	
—	
Gegenüberstellung.	
Einmalige Ausgaben.	
Entwurf II	1500000 ℳ
Entwurf I	370000 »
bleiben zu Ungunsten vom Entwurf II	1130000 ℳ
Dauernde Ausgaben.	
Entwurf II:	
ℳ 56300.— jährlich; kapitalisiert (nur zwölffach gerechnet wegen des heutigen hohen Zinsfufses)	675600 »
	1805600 ℳ
= rund	1800000 ℳ

Der Entwurf II nach der üblichen Ausführung ist also trotz der gröfseren Erdarbeiten und teueren Bauwerke bei Entwurf I um fast zwei Millionen teuerer, als dieser. Dabei fallen bei Entwurf I überdies noch manche Vorteile an, wie z. B. die hohe Lage der Bahnsteige, das Mehr an beseitigten Kreuzungen und weniger verlorene Steigungen. Freilich ist auch bei Entwurf II der Mehraufwand nicht ganz ohne Nutzen; der Bahnhof hat eben mehr Gleisraum; die Blockstrecken können Züge aufnehmen. Aber das ist teuer erkauft. Aufnahmegleise liegen, wenn man sie schon braucht, besser im Bahnhof; zudem ist Entwurf II auf knappste gezeichnet, um nicht ungerecht zu vergleichen; die Blockstrecken sind recht kurz und geben unerwünschte Signalhäufungen; macht man sie länger, so ist

der Aufwand noch gröfser. Bei dem Kostenunterschied fällt vor allem der Grund und Boden ins Gewicht; aber auch wo dieser billig ist, bleibt noch Gewinn genug.

Offenbar haben so kurze Gleisentwicklungen so viel Verführerisches an sich, dafs man sich ihrer auch in einem weiteren Rahmen bedienen möchte, wenn die Verhältnisse sonst dazu angetan sind. Dann können aber die Entfernungen so grofs werden, dafs man wenigstens in den Personengleisen, manchmal auch in den Gütergleisen, aus praktischen Gründen Blockstrecken einschalten mufs und dann liegen die verbleibenden schienengleichen Kreuzungen auf der sogenannten freien Strecke. Das ist der grofse Stein des Anstofses. Darf man das oder darf man es nicht? Ich meine nicht formell, sondern sachlich.

In meinem ersten Aufsatz bin ich wohlweislich über den Rahmen der Einfahrsignale nicht hinausgegangen. Das hätte ich festhalten können, dann bot mein Vorschlag keine Angriffsflächen und die Auseinandersetzung wäre unterblieben. Aber wenn die Kritik die Überschreitung dieses Rahmens ohne weiteres unterstellte, so lag dem trotz des grundsätzlichen Mifsverständnisses über meine nächsten Absichten eine im Kerne nicht ganz unberechtigte Anschauung zugrunde, insofern meine Gleisentwicklungen diese Neigung zum Hinauswachsen tatsächlich haben, wie alle anderen Gleisentwicklungen auch. Ich hätte es unter diesen Umständen kleinlich gefunden, wenn ich mich eng an meine Aufstellungen geklammert hätte, so unanfechtbar sie auch waren, wie jeder zugeben wird, der sie nochmals liest. Ich erkannte also die erwähnte Tendenz an. Es war eine Anpassung an die Auffassung des Gegners. Leider ist mir dieses Entgegenkommen als Schwäche des Standpunktes ausgelegt worden. Darauf kann ich allerdings nur erwidern, dafs mich aufser der Höflichkeit die tiefe und volle Überzeugung leitete, dafs solche Gleisentwicklungen auch in dem weiteren Rahmen g u t, n o t w e n d i g und b e r e c h t i g t seien.

Ich hätte schon früher die angeführten Beispiele bringen und mich damit einstweilen bescheiden können. Wenn sie ein paarmal durchgeführt worden wären, wenn auch nur auf dem Papier, dann wäre man von selbst auf die Frage gestofsen, ob man nicht hier und da über den engen Rahmen der Einfahrsignale hinausstofsen solle und dürfe. Man hätte sich sicher gar nicht so sehr viel Gedanken gemacht. Tut man es doch sonst auch nicht. Wie viele haben wohl bei den zahlreichen Spaltungskreuzungen, die von Bahnhöfen auf Blockstellen mit Abzweigung hinausverlegt wurden, überlegt, ob der § 13 der B. O. das zulasse? Man tat es einfach, weil man mufste, es »gab sich so«. Gewisse Dinge haben ihre natürliche Entwicklungsrichtung; sie tragen sie in sich, darüber wird am wenigsten geredet. Vielen Menschen treten sie gar nicht in das Oberbewufstsein.

Es ist nicht möglich, hier die Ausführungen des vorigen Aufsatzes über die Fragwürdigkeit der Begriffe Bahnhof und freie Strecke noch einmal zu wiederholen. Die Anschauungen werden sich von selbst durchsetzen, einfach durch die Logik der Tatsachen. Es sind ihrer genug und zwar gerade an den entscheidenden Stellen, denen diese Untersuchungen sehr eingeleuchtet haben. Die Betriebsleute empfinden die Blockstellen mit Abzweigung als einen Pfahl im Fleische, aber nicht als solche oder wegen einer besonderen Gefährlichkeit, sondern weil sie in die Fahrdienstvorschriften begriffsmäfsig noch nicht richtig eingegliedert sind.

Ich will übrigens niemanden veranlassen, den Schritt über den Rubikon — die Überschreitung des Rahmens der Einfahrsignale — zu tun, der es nicht selbst für geboten hält. Ich selbst werde mich gegebenenfalls nicht scheuen und viele andere auch nicht.

Einige Einzeleinwendungen bedürfen der Aufklärung. Ich hätte einen schnellfahrenden Zug mit einer Schutzweiche von 190 m Halbmesser ablenken wollen! Wir können doch heute mit Steilweichen bei 1 : 9 leicht 500 m Halbmesser erzielen. Das war mir, als einem der Miterfinder dieser Weichen, schon bei dem ersten Aufsatz vollkommen klar. Wenn man bei einer neuen Formung, in die auch viele neue Einzelteile eingehen, diese alle ausführlich bringen will, wird man so bald nicht fertig. Man mufs da schon ein wenig auf das Zutrauen der Leserschaft rechnen, dafs man sich die Einzelheiten überlegt habe, auch wenn man sie nicht nennt.

Nun zu den »Schutzwegen«. Abb. 6a, Taf. 11 stellt die hauptsächlich vorkommende Einfahrt nach meinen Vorschlägen, Abb. 6b, Taf. 11 die Ausfahrt dar. In Abb. 6a sind ohne weiteres Schutzweichen für jede Fahrt vorhanden. In Abb. 6b kreuzen sich der ausfahrende Personenzug der A-Strecke (Fahrt 3-A) und der ausfahrende Güterzug der B-Strecke (Fahrt 2-B). Es handelt sich darum, den Personenzug, der so gut wie immer den Vorrang hat, gegen den Güterzug zu schützen. Wie man bei Nachblättern meiner Beispiele leicht erkennt, dienen dazu regelmäfsig die Endweichen des Güterbahnhofes; ein Güterzug, der verbotener Weise anfahren wollte, könnte gar nicht aus dem Bahnhof heraus. Damit ist eigentlich schon die ganze Schutzfrage erledigt. Wo aber auch für die Gütergleise eine Blockstrecke dazwischen liegt, was sehr selten vorkommen wird, würde ein besonderer genügend langer Schutzstrang (in Abb. 6b, Taf. 11 gestrichelt) möglichst gesandet und mit Steigung anzulegen sein. Dafs entgleisende Wagen nicht ins Hauptgleis geraten, falls der Güterzug doch noch den Prellbock erreicht, läfst sich durch genügenden Abstand leicht erreichen. Wir dürfen aber nicht vergessen, dafs wir mit derartigen Mafsnahmen schon weit über das hinausgehen würden, was wir heute an den Blockstellen mit Abzweigung — Abb. 7a und 7b, Taf. 11 — für nötig halten.

Man könnte vielleicht wünschen, obwohl das sehr weit geht, auch den Güterzug 2-B, falls man ihm einmal den Vorrang geben mufs, gegen den Personenzug 3-A zu schützen. Das geht mit der in Abb. 5b eingetragenen Verbindung zwischen den Gleisen 3 und 4. Diese wird meist von selbst da sein, zum Übergang der Züge und kann und wird dementsprechend auch so flache Weichen enthalten, dafs ein schnellfahrender Zug gefahrlos abgelenkt werden kann. Schiebt man dann die Vereinigungsweiche der Gleise 2 und 4 ein genügendes Stück in der Richtung B vor, so kann man auch diese Gefahr beliebig mildern. Man überzeugt sich leicht, dafs in Abb. 7b, Taf. 11 dem einen Fall der Blockstelle mit Abzweigung, eine entsprechende Aushilfe nicht anwendbar ist; man kann, wenn der Güterzug Einfahrt hat, dem ausfahrenden Personenzug keinen Schutzweg bieten.

Von Zusammenstofsmöglichkeiten an den V e r e i n i g u n g s w e i c h e n ist hier nicht die Rede, sie sind bei allen überhaupt möglichen Gleisentwicklungen gleich und nur durch besondere Mafsnahmen vermeidbar (lange steigende Parallelgleise).

Zusammengefafst heifst das: Bei meinen Gleisentwicklungen lassen sich für alle Fahrten, die durch die Kreuzungen gefährdet sind, Schutzwege gegen Flankenfahrt herstellen, für alle wichtigen sind sie meist von vornherein da. Bei Blockstellen mit Abzweigung geht das nicht in allen Fällen. Nimmt man hinzu, dafs bei diesen die Kreuzungen i m m e r e n t g e g e n g e s e t z t e Fahrrichtungen, bei mir i m m e r g l e i c h e Fahrrichtungen betreffen und dafs bei diesen s t e t s Einfahrkreuzungen vorkommen, die bei mir i m m e r wegfallen, so darf man wohl ohne Unbescheidenheit sagen, dafs die Sicherheit bei meinen Gleisentwicklungen nicht nur voll ausreichend, sondern erheblich gröfser ist. Von diesen schon früher angestellten Überlegungen hatte ich, zur Vermeidung der Weitschweifigkeit, in meinem letzten Aufsatz nur das knappe Ergebnis genannt.

Herr Geheimrat C a u e r wird hiergegen einwenden, dafs sein Ziel ja die gänzliche Beseitigung a l l e r Kreuzungen, insbesondere auch der Spaltungskreuzung sei. Es fragt sich nur

wie weit das überhaupt erreichbar ist und hier kommen wir freilich auf den tiefsten Unterschied der Auffassung. Allerdings hat sich das Gesicht des Eisenbahnbetriebes gegen früher vollkommen geändert; es gibt mehr und schneller fahrende Züge. Ich gehe sogar noch weiter. Ich halte es für möglich, dafs wir, namentlich unter dem Druck des Wettbewerbs der Kraftwagen, noch häufiger, noch schneller und mit noch knapperen Abfertigungszeiten werden fahren müssen, ja sogar — die Entwicklung bahnt sich schon an — mehr oder weniger ohne Fahrplan, kurz, dafs wir einen Betrieb bekommen, bei dem uns nach unseren heutigen Begriffen die Haare zu Berge stehen, ja noch mehr, dafs wir gleichzeitig, unter dem Druck desselben Wettbewerbs, gezwungen sind, unbedingt sicher zu fahren und dafs wir bei allen diesen äufserst schweren Anforderungen, wieder unter dem Druck des Wettbewerbs, die Mittel nicht aufbringen können, um schienenfreie Gleisentwicklungen zu bauen, wenigstens nach den älteren Regeln. Wenn man dem ausweicht, weil es unerfüllbar sei, so kann das vielleicht bedeuten, dafs sich die Eisenbahn selbst aufgibt. Einstweilen sind wir noch nicht so weit, aber wer will verkennen, dafs manches in dieser Richtung drängt? Der erste bedeutungsvolle Schritt zur Abhilfe ist die Signalübertragung, die nächstens kommen wird; so nützt sie wenigstens auch uns; bisher machen wir sie mehr unter dem Druck einer öffentlichen Meinung, die den Kraftwagen die häufigen Unfälle leider nicht übel nimmt. Der zweite Schritt dürfte die Verbesserung der Güterzugbremse sein, so anspruchsvoll das heute klingt, wo wir gerade erst die Kunze-Knorr-Bremse eingeführt haben.

Weil wir die Mittel nicht haben werden, darum halte ich so weitgehende Bestrebungen, wie sie mein Gegner vertritt, heute nicht für vordringlich. Man kann sich damit beschäftigen, wird auch den einen oder anderen Fall finden, wo man mit Vorteil Gebrauch davon machen kann, aber die Gesamtrichtung, der Schwerpunkt wird wo anders liegen. Wir werden leider überhaupt nicht mehr sehr viele Gleisentwicklungen zu bauen haben, aber dies werden sicher nur solche sein, die nicht zu grofse Kosten erfordern.

Das sind freilich Dinge, über die man verschiedener Ansicht sein kann; die obige ist nur die meine. Gegen eine Behauptung in den Ausführungen meines Gegners mufs ich aber entschiedenen Widerspruch erheben und kann nicht verschweigen, dafs ich sie bedauere. Er stellt es so dar, als ob er auf gröfsere, ich auf geringere Sicherheit abziele. Was habe ich denn mit meinen Gleisentwicklungen angestrebt? Doch eine Lösung für die Fälle, wo man die bisher gebräuchlichen Entwicklungen aus Mangel an Mitteln und namentlich Platz nicht bauen kann. Ich habe gezeigt, dafs man auch da noch ein gut Teil der Kreuzungen, oft zwei Drittel und mehr, beseitigen kann. Und dafür mufs ich mir sagen lassen, ich wolle die Sicherheit verringern? Weil nämlich die wenigen übrigbleibenden Kreuzungen andere sind, als sonst nach den älteren Regeln, während man nach diesen im gegebenen Falle alle stehen lassen müfste.

Und noch eins, was mit dieser Auffassung eng zusammenhängt, die Behauptung, ich hätte versucht, durch schematische Auslegung der B. O. zu rechtfertigen, was sachlich verkehrt sei. Als ob nicht auch ich von den sachlichen Gesichtspunkten ausgegangen wäre, und die formalen nur genannt hätte, weil man sich eben mit ihnen auseinandersetzen mufs. Es besagt doch nichts, wenn diese Auseinandersetzung sehr lang wurde. Das ist meist so, dafs das Formale einen unverhältnismäfsigen Raum einnimmt. Und die voll bewufste Sophistik, die ich angewendet haben soll? Wohl jeder Praktiker hat schon hunderte Male in seinem Leben Bestimmungen bis zum Brechen »gebogen«, nur um sachlich Notwendiges formal möglich zu machen, bis die Bestimmungen geändert sind. Man spricht nur meist nicht davon.

Nun bewegt sich alles bisher Erörterte auf akademischem Boden. Richtig greifbar werden solche Dinge erst in der Praxis. Meinem letzten Aufsatz war deshalb mit voller Absicht ein vollständig durchgeführtes Beispiel angefügt, die Gleisentwicklung bei Pasing. Mein Gegner sagt darüber nur:

»Das von Herrn Dr. Bäseler zum Schlufs gegebene Beispiel von Pasing habe ich aus der kleinen Darstellung nicht nachprüfen können. Wenn es aber unzweifelhaft zweckmäfsig sein kann, eine unglückliche alte Gleisanlage, falls es durchaus nicht anders geht, wenigstens so zu verbessern, dafs immer noch Stellen darin verbleiben, die den Regeln guter Auslagen nicht entsprechen, so werden doch dadurch diese Regeln nicht umgeworfen; vielmehr wird dann aus besonderen Gründen eine Ausnahme zugelassen, die bekanntlich die Regel nur bestätigt.«

Ich wüfste nicht, was auf den Fall Pasing weniger zuträfe, und glaube, dafs Herr Geheimrat Cauer dieses Urteil bei näherer Betrachtung selbst nicht aufrecht erhalten wird. Ich möchte ihn einladen, die Aufgabe mit durchzudenken; sollten die Abbildungen nicht deutlich genug sein, so stehen ja die Urpläne gern zur Verfügung.

Wie liegt denn der Fall Pasing? Von Westen kommen sechs Linien an und gehen für den Personenverkehr im Linienbetrieb nach München weiter. Das ist durchaus gewöhnlich. Abgesehen von der hier nicht interessierenden Vereinigung gewisser Linien (Herrsching, Lindau, Augsburg) entstehen dabei keine Kreuzungen; die Personengleise brauchen uns weiter nicht zu beschäftigen.

Nun zweigen zur Zeit in Pasing aus den Personengleisen nach Norden die Gütergleise ab. Hierbei entstehen viele Kreuzungen. Diese sollen beseitigt werden, indem man die Gütergleise schon auf den Vorstationen abzweigt und unter den Personengleisen schienenfrei durchführt. Was ist an all dem ungewöhnlich? Ist denn dieser Fall nicht die Regel? So sehr die Regel, dafs ich mir einen regelmäfsigeren gar nicht denken kann. Dabei ist das Gelände ziemlich billig und fast ganz frei — das kürzlich erbaute bekannte Unterwerk ist schon so gestellt, dafs es nicht stört — man kann ohne erhebliche Schwierigkeit sowohl über wie unter Gelände gehen, die Strecken liegen schön wie auf einer Tafel und sind so flach, dafs man, da sie in ihrem späteren Verlauf zum Teil durch ziemlich gebirgige Gegenden gehen, erhebliche Steigungen anwenden und leicht Höhen und Tiefen gewinnen kann, auch die Kurven sind flach — könnte eine Aufgabe günstiger liegen? Ist das eine »unglückliche alte Gleisanlage« in dem Sinn, dafs sie Verbesserungen ein in ihrem Wesen begründetes, schon an sich fehlerhaftes Hemmnis entgegenstellt? Wenn diese Aufgabe nicht nach den »Regeln guter Anlagen« zu lösen ist, welche denn dann? Mir scheint, Pasing ist eher ein akademisches Beispiel reinsten Wassers.

Die Gütergleise gehen nun nicht, wie die Personengleise, in lauter einzelnen Linien weiter, sondern nur in zweien, eine für die Durchfahrt nach Osten, und eine zu dem Verschiebebahnhof Laim (wobei von und nach Laim zwei Gleise vorgesehen sind). Infolgedessen entsteht hier durch die Übergänge eine Reihe von Kreuzungen, die für einen dichten Betrieb immer noch zu zahlreich erschienen. Es wäre sehr erwünscht, auch hiervon noch einen Teil zu beseitigen; versucht war es zunächst gar nicht worden, weil es nach den älteren Entwicklungsregeln schlechterdings ausgeschlossen ist, hier überhaupt noch eine Abhilfe zu finden.

Ist hieran etwas ungewöhnlich? Etwa, dafs nicht gleich in Pasing schon der Verschiebebahnhof Laim beginnt, so dafs man alle ankommenden acht Gütergleise unmittelbar in ihn einführen kann, sondern dafs seine Spitze 3 km entfernt liegt? Das wird wohl recht oft so sein. Oder dafs man nicht so viel Platz hat, um alle acht Gleise auf diese Länge durchzuführen?

Selbst wenn man ihn hätte, wer würde den Aufwand wagen? Man kommt eben einfach nicht um die höchst natürliche Tatsache herum, dafs bei Ausgestaltung des Gleisnetzes Punkte entstehen, an denen sich die Trennung, Vereinigung und auch Kreuzung von Gleisen vollzieht, ohne dafs daselbst gerade immer ein »Bahnhof« zu sein braucht.

Hier scheint er allerdings da zu sein, eben Pasing. Wie steht es damit? Die Gütergleise sind in Abb. 8, Taf. 11 nochmals dargestellt. Ihre Vereinigung geschieht durch ein grofses doppeltes Weichenkreuz, wobei bemerkt sein mag, dafs hierin noch verschiedene überflüssige Berührungen stecken; man müfste die eine Weichenstrafse vervierfachen, wenn man wenigstens alle unnötigen Hemmungen ausschliefsen will. Niemand hat bei dem Entwurf bedacht, das Weichenkreuz an dieser Stelle vorzusehen; ohne Zweifel würde es auch mein Gegner nicht beanstanden; es liegt ja im »Bahnhof«. Nun gehen die Gütergleise von diesem Kreuz aus nach beiden Seiten etwa 3 bis 5 km lang unverändert durch. In Pasing selbst hat kein einziger Güterzug planmäfsigen Aufenthalt (so war der Zukunftsbetrieb gedacht). Der Ortsgüterbahnhof sollte von Laim aus durch ein besonderes Gleis im Rangierwege bedient werden. Warum ist denn diese Stelle für die Gütergleise eigentlich ein »Bahnhof«? Vielleicht, weil südlich davon in den Personengleisen ein paar Bahnsteige liegen, in den Personengleisen, die von den Gütergleisen nach beiden Seiten auf viele Kilometer getrennt laufen und keinerlei Verbindung mit ihnen haben? Oder weil nördlich davon ein kleiner Ortsgüterbahnhof liegt, der an einen entfernten Verschiebebahnhof besonders angeschlossen ist?

Augenscheinlich liegt hier in reinster Form jener Fall vor, den ich dadurch begrifflich in Ordnung zu bringen suchte, dafs täglich zum Schein ein Zug halten sollte. Ich nehme gern auch andere Lösungsversuche an, nur um sachlich Selbstverständliches formal möglich zu machen. Die Praxis hat es sich natürlich — mit vollem Recht — viel bequemer gemacht; sie hat hierüber überhaupt nicht nachgedacht, um so weniger, als Pasing ja heute sicher ein Güterbahnhof ist. Es wäre wohl so weiter gegangen — und wird überhaupt, wenn diese Lösung gewählt wird, so weitergehen —, dafs man Ein- und Ausfahrsignale aufstellt, um das Weichenkreuz zu decken, zumal noch eine gewisse Weichenverbindung für seltene, nicht signalmäfsige Übergänge hinzukommt. Aber kann das alles etwas daran ändern, dafs der Punkt für die Gütergleise eben doch kein Bahnhof ist, nämlich keine »Betriebstelle, an der Züge regelmäfsig halten«, sondern nur ein dazu erklärter »Übergangspunkt«? Wenn man das praktisch darf, und wenn Herr Geheimrat Cauer dem zustimmt, ist es mir sehr lieb; dann bin ich der gezwungenen Aushilfe des »einen haltenden Zuges« ledig und werde die Lösung um so lieber auch an anderen Stellen verwenden.

Was ist nun weiter geschehen? Ich habe statt der vorstehenden Lösung eine andere ausgedacht, bei der der Vereinigungspunkt der Gleise etwa 1 km weiter westlich liegt. Es ist hier natürlich nicht mehr und nicht weniger »freie Strecke« oder »Bahnhof«, als in Pasing; diese Begriffe haben ihren Sinn vollständig verloren. Dafür ist es aber gelungen, hier nicht weniger als zwei Drittel aller Hemmungen durch Brücken zu beseitigen, ohne dafs die Entwicklung irgendwie umfänglicher wird. Ich darf mir die Frage erlauben, was ist hier sachlich — sachlich, nicht formal — besser und sicherer: Das grofse Weichenkreuz im sogenannten Bahnhof Pasing mit 20 wahrscheinlichen Zughemmungen täglich oder das kleine auf der sogenannten freien Strecke mit 7?

Ein amtlich beteiligter Fachgenosse des Sicherungswesens äufserte, ihm wäre die zweite Lösung schon deshalb lieber, weil der Mann, der dort die Zugfolge regelt, nicht durch soviel anderes abgelenkt würde, wie der Fahrdienstleiter in Pasing mit seinen vielen Personenzügen. Das ist das Urteil aus der Praxis, das man nur unterschreiben kann.

Mein Gegner schliefst mit der Mahnung, das Wort zu beherzigen: »Leicht beieinander wohnen die Gedanken, doch hart im Raume stofsen sich die Sachen.« Kein Techniker wird sich dem Ernst dieses Satzes verschliefsen; er war immer mein Leitmotiv. Aber wenn es nun gelingt, die Sachen im Raume so zu stellen, dafs sie sich nicht mehr stofsen? Ist dann nicht die eigentliche Aufgabe des Ingenieurs gelöst? Ob es mir im vorliegenden Falle gelang? Ich mag die Hoffnung nicht aufgeben, dafs eine ruhige Kritik mir das zuerkennen wird, sei es auch äufserstenfalls mit einigen jener Abstriche und Unvollkommenheiten, die zwischen Wollen und Vollbringen zu liegen pflegen.

Versuche über die Beweglichkeit der Schienenenden in Stofsverbindungen.

Von Professor Dr. Ing. Otto Ammann, Karlsruhe.

Hierzu Tafel 13.

Nachdem schon vor dem Kriege bei einer Reihe von Klein- und Strafsenbahnen Fufsklammerstöfse System Melaun (Textabb. 1a und 1b) in Gebrauch gestanden hatten, wurden

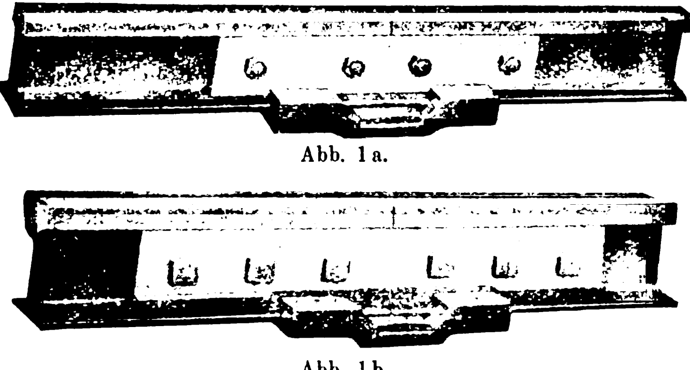


Abb. 1a.

Abb. 1b.

diese Stöfse nach dem Kriege von verschiedenen Bahnen, darunter auch Hauptbahnen, insbesondere zur Wiederinstandsetzung alter, niedergefahrener Gleise neu in Verwendung genommen. Verschiedentlich wurde dabei die Frage aufgeworfen, ob nicht durch die starke Verspannung des verkeilten Stofses die Beweglichkeit der Schienenenden in den Stofsverbindungen, die mit Rücksicht auf die Ausdehnung der Schienen unter wechselnder Temperatur gewahrt bleiben soll, zu stark beeinträchtigt oder gar aufgehoben wird, so dafs u. U. bei freiliegendem Gleis Gleisverwerfungen auf mit Melaun-Fufsklammerstöfsen versehenen Strecken zu gewärtigen wären.

Um den Einflufs der Verspannung des Stofses durch die Melaunsche Keilfufsklammer klarzustellen, wurden im Laboratorium des Instituts für Strafsen- und Eisenbahnwesen an der Technischen Hochschule Karlsruhe eine gröfsere Zahl von Versuchen über die Beweglichkeit der Schienenenden mit verschiedenen Stofsverbindungen vorgenommen. Dabei handelte es sich darum, zunächst die Verhältnisse bei den gebräuchlichen Stöfsen mit Flach- und Winkellaschen, die lediglich mit Schraubenbolzen zusammengehalten sind, klarzulegen und dann die zusätzlichen Kräfte zu bestimmen, die beim Hinzufügen einer Melaunschen Keilfufsklammer zur Überwindung der durch sie hervorgerufenen — der Bewegung der Schienenenden in den Stofsverbindungen sich entgegenstellenden — Widerständen erforderlich werden. Kommen doch die Fufsklammerstöfse von Melaun stets nur in Verbindung mit ver

schraubten Stofslaschen vor, die von der Fufsklammer getrennt oder mit ihr in ein Stück verbunden sein können, so dafs man den Einflufs der durch Schraubenbolzen befestigten, keilförmig in die Laschenkammern der Schienen eingesetzten Stofslaschen von jenem der hinzutretenden verkeilten Fufsklammern zweckmäfsig getrennt hält.

Bei den Untersuchungen wurde für die ersten Versuche eine leichtere, zu diesem Zweck gebaute Prüfmaschine, die das Zusammendrücken und Auseinanderziehen eines in sie eingesetzten Schienenstofses mit Hilfe zweier hydraulischer Pressen, die abwechslungsweise auf den beiden Seiten eines zweiarmigen Hebels angriffen, bewirkte. Da sie aber nur beschränkte Kräfte auszuüben gestattete, wurde für die späteren Versuche eine kräftigere Maschine benutzt, die in Textabb. 2 dargestellt ist; mit ihr ist man in der Lage, Stofsverbindungen auf ca. 30 t Druck und 25 t Zug zu beanspruchen. Wie die Versuchsergebnisse zeigten, ist selbst diese Maschine nicht in allen Fällen imstande, die in Schienenstöfsen auftretenden Widerstände zu überwinden, sie genügte aber, um die vorliegende Aufgabe zu lösen.

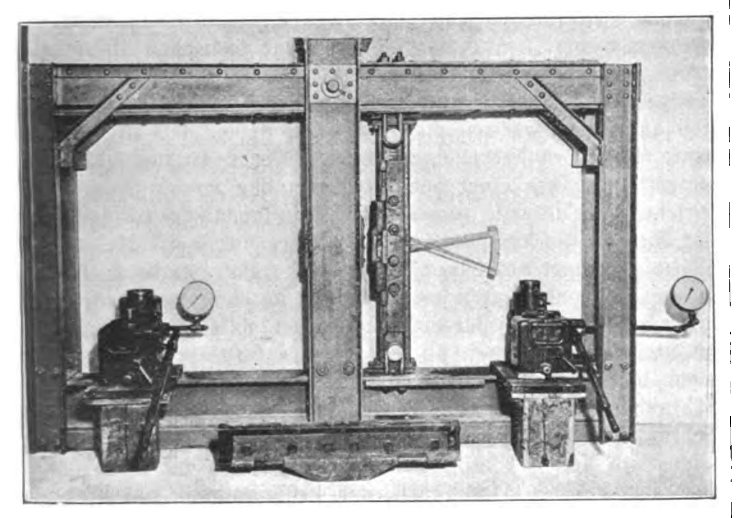


Abb. 2.

Um brauchbare und vergleichbare Ergebnisse zu erzielen, kommt es darauf an, dafs die Bedingungen bei den einzelnen Versuchen möglichst dieselben sind. Die ersten Versuche zeigten schon, wie aufserordentlich grofs der Einflufs verschieden starken Anziehens der Schraubenbolzen und jener des Eintreibens des Keils in die Fufsklammer ist. Wenn auch schon bei den ersten Versuchen gröfste Sorgfalt darauf verwendet wurde, beide Handhabungen so gleichmäfsig wie möglich durchzuführen, so gelang es doch erst vollkommen bei den späteren Versuchen, nachdem für das Anziehen der Schrauben ein besonderer Schraubenschlüssel (Textabb. 3 a), an dem die Anzugskraft abgelesen werden kann, gebaut worden war und auf einer eigenen kleinen Prüfmaschine (Textabb. 3 b) die einzelnen Schrauben daraufhin untersucht werden konnten, welche Spannkraft bei verschiedener Anzugskraft am Schraubenschlüssel in ihnen auftrat. Mit beiden Apparaten zusammen war es möglich, die Schraubenbolzen in die Laschen mit genau gleicher Spannkraft einzusetzen. Das Eintreiben des Keiles wurde bei jedem Versuch mit dem gleichen Schlaghammer, der gleichen Schlaghöhe und gleicher Schlagzahl ausgeführt, wie sie sich in Vorversuchen für die zu prüfenden Keilfufsklammerverbindungen als entsprechend erwiesen hatte. Der Einflufs dieser Fehlerquellen war damit, soweit das bei solchen Versuchen überhaupt möglich, beseitigt.

Natürlich können bei solchen Versuchen mit gewöhnlichen Oberbauteilen, die nie ganz gleiche Form und Mafse, nie tadellos ineinanderpassende Teile oder glatte, fehlerfreie Berührungsflächen besitzen, keine genauen Zahlenwerte ermittelt, sondern nur die ungefähre Gröfsenordnung der zur Wirkung kommenden Kräfte bestimmt werden, was aber auch für die praktische Beurteilung der Konstruktionen genügen dürfte. Es zeigen das auch die Ergebnisse der nachstehenden Versuche, die trotz ihrer Verschiedenartigkeit doch alle ungefähr zu dem gleichen Ergebnis für die Einwirkung der Verkeilung des Stofses nach System Melaun führen.

Die Versuche wurden so durchgeführt, dafs die sorgfältigst zusammengebauten Stöfse in die Prüfmaschine eingespannt wurden, zunächst längere Zeit ohne genaue Messung und Aufzeichnung der Kräfte hin- und herbewegt wurden, bis zufällige Unebenheiten oder Unregelmäfsigkeiten verschwunden waren, dann, nachdem alles nochmals nachkontrolliert und insbesondere die Schrauben

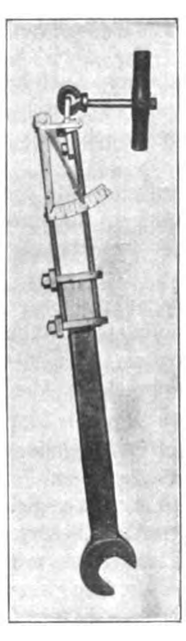


Abb. 3 a.

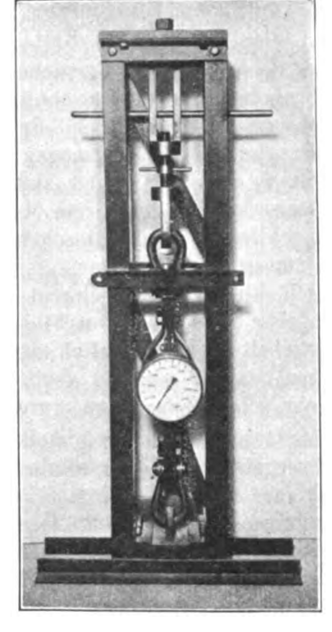


Abb. 3 b.

richtig angezogen waren, mit den eigentlichen Versuchen begonnen wurde. Die Versuche (Zusammendrücken und Auseinanderziehen der Schienenstöfse) wurden anfangs bis 50 mal wiederholt, später aber nur noch etwa zehnmal bei jedem Stofs durchgeführt, da die ersten Versuche gezeigt hatten, dafs eine öftere Wiederholung keinen wesentlichen Einflufs auf das Ergebnis ausübt.

Die Stöfse wurden bei Beginn der eigentlichen Prüfung auf 12 mm Stofslückenweite eingestellt, dann zusammengeprefst, wobei bei der ruckweise vor sich gehenden Zusammendrückung der jeder Vorwärtsbewegung entsprechende Weg an einem in Textabb. 2 sichtbaren Zeigerapparat und der bei Eintritt der Bewegung vorhandene Druck am Manometer abgelesen wurde. Nach vollständigem Zusammendrücken (Schliefsen der Lücke) wurde die Bewegung mittels der zweiten hydraulischen Presse umgekehrt und der Stofs in gleicher Weise wieder auseinandergezogen, bis die volle Lückenweite von 12 mm erreicht war.

Die Ergebnisse jeder Versuchsreihe wurden gemittelt und die Mittelwerte derart graphisch dargestellt, dafs in einem Koordinatensystem auf der Abszissenachse die Lückenweiten von 0 bis 12 mm und als Ordinaten über den Lückenweiten jeweils die Druck- oder Zugkraft, die erforderlich war, um die Stofslücke auf dieses Mafs zu verengen oder zu erweitern, aufgetragen wurde. Es wurde also z. B. in dem Moment, in dem die Stofslückenweite von 8 auf 9 mm sprang, die beim Einsetzen der Bewegung vorhandene Zugkraft am Manometer be-

stimmt und als Ordinate über der Abszisse 9 mm aufgetragen. Die Verbindungslinie der einzelnen Ordinatenendpunkte gibt ein anschauliches Bild über den Kraftbedarf.

Es seien nun nachstehend in einigen Schaulinien die Ergebnisse der Untersuchungen verschiedener Stofsverbindungen gegeben; die Ergebnisse selbst sollen anschliefsend kritisch besprochen werden.

Abb. 1, Taf. 13 zeigt zwei Schaulinien einander gegenübergestellt und zwar:

a) für einen Versuch mit einem normalen badischen Schienenstofs für 140 mm hohe Schienen mit 80 cm langen Winkellaschen, sechs Laschenschrauben von 24 mm Durchmesser in kreisrunden Laschenlöchern von 26 mm Durchmesser mit Unterlagsringen;
b) für einen Versuch mit einem Melaunstofs für 138 mm hohe Schienen, Flachlaschen mit vier Laschenschrauben von 22 mm Durchmesser, ohne Federringe, mit Melaunfufsklammern und Keil.

Bei diesen beiden Versuchen wurde zum Anziehen der Schraubenbolzen nur ein gewöhnlicher 30 cm langer Schraubenschlüssel verwendet, mit dem die Schrauben nach dem Gefühl möglichst gleichmäfsig angezogen wurden.

Abb. 2 und 3, Taf. 13 stellen Schaulinien für zwei für Prüfungszwecke von der Firma Melaun gelieferte Schienenstöfse mit ausgeklinkten Winkellaschen, je vier Laschenschrauben, Fufsklammern und Keil dar.

Auch hier wurde noch ein einfacher Schraubenschlüssel, diesmal aber ein solcher von 60 cm, wie er bei den Bahnunterhaltungsarbeiten gebräuchlich ist, verwendet, mit dem die Schrauben stärker als bei den ersten Versuchen, aber doch nicht sehr scharf angezogen wurden.

Abb. 4 und 5, Taf. 13 stellen die zuletzt vorgenommenen Versuchsergebnisse in Schaulinien dar und zwar:

a) für einen Melaunstofs für 138 mm hohe Schienen, ausgeklinkten Winkellaschen mit vier Laschenschrauben von 22 mm Durchmesser, ohne Federringe, mit Fufsklammern und Keil;
b) für einen Stofs bestehend aus badischen 140 mm hohen Schienen, Flachlaschen des neuen Reichsoberbaues B mit vier Bolzen von 24 mm Durchmesser mit untergelegten doppelten Federringen, Fufsklammern und Keil.

Die Laschenschrauben wurden bei diesen beiden Stöfsen, nachdem vorher das Verhältnis von Anzugskraft am Schlüssel zu der Spannkraft der einzelnen Schrauben in der kleinen Prüfmaschine für Schraubenspannkraft festgestellt worden war, mit dem neuen Schraubenschlüssel mit Mefsvorrichtung derart angezogen, dafs stets alle vier Schraubenbolzen die gleiche Bolzenzugkraft Q bei einer Versuchsreihe aufwiesen. Diese Bolzenzugkraft wurde jedesmal vor Umkehrung der Bewegungsrichtung jedes Versuches wieder hergestellt. Die Bolzenzugkraft wurde bei den Versuchen mit dem Melaunstofs einmal zu 1,5, dann zu 3,0 t, beim badischen Stofs zu 1,5 und zu 2,5 t je Bolzen gewählt. Beide Stöfse wurden in beiden Fällen zunächst ohne und dann mit Fufsklammern und Keil geprüft, im ganzen also mit jedem vier Versuchsreihen erledigt, entsprechend enthalten die Abb. 4 und 5, Taf. 13 je vier Schaulinien.

Betrachtet man die fünf Abbildungen, so fällt als charakteristisch einmal das starke Anwachsen der Kräfte jeweils auf dem zweiten Teil des Weges der Schienen auf und zum andern Mal der im grofsen und ganzen betrachtet ziemlich gleichmäfsige Abstand der Schaulinien für verkeilte Stöfse von jenen der unverkeilten.

Zu der ersten Feststellung ist zu bemerken, dafs die Widerstände, die die beiden Schienenenden der Bewegung in der Stofsverbindung entgegensetzen, infolge der kleinen Abweichungen in der Form der beiden Schienen und der dadurch bedingten verschieden starken Anpressung der Laschen in den Kammern sehr verschieden ist. Es bewegt sich daher stets zuerst nur die eine Schiene, die weniger fest eingespannt ist, soweit sie kann, dann erst folgt die zweite, für deren Bewegung aber erheblich gröfsere Kräfte notwendig werden. Diese Erscheinung ist die gleiche bei verkeilten und unverkeilten Stöfsen.

Zur zweiten Erscheinung ist zu bemerken, dafs die Versuche mit den verschiedenartigsten Stöfsen übereinstimmend zeigten, dafs der Mehrkraftbedarf für das Bewegen der Schienenenden nach der Anbringung der Keilfufsklammern im Mittel etwa 2,5 t beträgt. Dieser Wert blieb annähernd derselbe bei stark und bei schwach angezogenen Schraubenbolzen.

Gegen die Versuchsanordnung könnte eingewendet werden, dafs die Laschenbolzen bei den Versuchen nicht so stark, wie das in der Praxis zu geschehen pflegt, angezogen waren und somit die Versuche den Verhältnissen der Praxis nicht ganz entsprächen. Hierzu ist folgendes zu bemerken: Tatsache ist, dafs von den Bahnunterhaltungsarbeitern die Laschenschrauben mit dem 60 cm langen Schraubenschlüssel, der sogar vorschriftswidrig manchmal noch durch aufgeschobene Rohrstücke verlängert wird, da und dort viel stärker, ja unsinnig stark angezogen werden. Auf einer Strecke der badischen Hauptbahn wurde mit dem Schraubenschlüssel mit Mefsvorrichtung des Instituts nachgeprüft, wie stark die Laschenschrauben tatsächlich angezogen waren. Es ergab sich dabei, dafs die Anzugskraft am Schraubenschlüssel mehrfach auf 40 bis 50 kg gesteigert war, was einer Schraubenspannung von 6 bis 7 t entspricht. Bei derartig angezogenen Schraubenbolzen spielt aber der Einflufs der Verspannung des Stofses durch die Melaunsche Keilfufsklammer überhaupt keine Rolle mehr, da die keilförmig in die Laschenkammern eingreifenden Laschen in diesen Fällen derartige Reibungswiderstände aufweisen, dafs sich die Schienen im Stofs auch bei erheblichen Temperaturunterschieden nicht mehr bewegen. Es wurden im Institut beispielsweise die sechs Schrauben eines normalen badischen Stofses mit dem 60 cm Schraubenschlüssel wirklich kräftig, aber ohne Übertreibung angezogen und der Stofs dann in die Prüfmaschine eingesetzt. Bei der gröfsten Druckkraft der Prüfmaschine von 30 t war es unmöglich, die Lücke des Stofses zu schliefsen. Das zeigt auch eine einfache Berechnung. Der Druck D zwischen Schiene und Lasche beträgt je Bolzen

$$D = \frac{Q}{2 . \sin \alpha}.$$

Bei den untersuchten Schienenstöfsen ist $\tang \alpha = 1/3$, demnach

$$D = 1{,}58\ Q.$$

Der gesamte durch einen Bolzen hervorgerufene Druck ist dann:

$$D' = 4\,D = 6{,}30\ Q.$$

Hiernach beträgt die Kraft K, die zum Auseinanderziehen oder Zusammendrücken des Stofses ohne Verkeilung notwendig ist, wenn:

n = die Anzahl der Bolzen einer Schiene,
μ = der Reibungskoeffizient ist:

$$K = n . D' . \mu = n . 6{,}30\ Q . \mu.$$

Q ergibt sich aus der gemessenen Anzugskraft am 60 cm langen Schraubenschlüssel zu 6 t.

μ kann nach diesbezüglichen Versuchen zu 0,30 angenommen werden, so dafs sich für K folgender Wert ergibt:

$$K = 3 . 6{,}3 . 6{,}0 . 0{,}3 = 34{,}0\ t.$$

Demgegenüber treten die 2,0 bis 3,0 t Zusatzkraft, die die Verkeilung verlangt, ganz zurück.

Es war daher, um den Einflufs der Verkeilung klar herauszuschälen, einfach geboten, die Laschenschrauben nicht zu stark anzuziehen, wie dies bei den Versuchen geschehen ist. Die Versuchsergebnisse berechtigen jedenfalls zu sagen, dafs sich der Einflufs der Verspannung des Stofses durch die Melaunsche Keilfufsklammern, gegenüber dem Einflufs der festverschraubten

Flach- und Winkellaschen in Grenzen hält, die zu Bedenken keinerlei Anlafs geben. Dies um so mehr, als ja normalerweise in einem Betriebsgleis die Schienenenden sich schon bei viel kleineren Längsspannungen in den Stofsverbindungen bewegen werden, als bei der ruhenden Belastung in der Prüfmaschine, da durch die hämmernde Stofswirkung der darüberrollenden Räder die Bewegung rascher ausgelöst wird. Ferner kann festgestellt werden, dafs eine Vermehrung der Laschenschrauben von vier auf sechs Stück im allgemeinen stärker die Beweglichkeit beeinträchtigen wird, als die Zugabe einer dem Schienenprofil entsprechenden Melaunschen Keilfufsklammer zu einer Stofsverbindung mit vier Laschenschrauben.

Zum Schlusse sei noch mitgeteilt, dafs auch die Erfahrungen der Praxis, wie solche auf der Berliner Hoch- und Untergrundbahn, auf der Vorortstrecke Berlin—Lichterfelde und auf einer Versuchsstrecke der badischen Hauptbahn gesammelt wurden, bestätigen, dafs die mit Fufsklammerstöfsen System Melaun versehenen Stöfse dem Temperaturwechsel entsprechend arbeiten.

Die neueren Baustähle.

Von Reichsbahnoberrat **Füchsel**, Berlin.

Der Krieg, der für seine eigenen Zwecke nur Werkstoffe höchster Wertigkeit bevorzugte, hat bei uns und in anderen Staaten eine wirtschaftliche Lage, die ebenfalls durch den Ruf nach Gütesteigerung der von der Technik benötigten Werkstoffe gekennzeichnet ist, geschaffen. Die Verbraucher industrieller Erzeugnisse drängen auf Bereitstellung hochwertigen Baustoffs, weil er die Unterhaltungskosten herabsetzt und die Lebensdauer verlängert. Die Erzeuger stellen sich in ihrer ganzen Betriebsführung darauf ein, dem Verlangen ihrer Abnehmer nachzukommen. Soweit die Werkstoffe des Eisenbahnwesens in Frage kommen, hat die vom Verein Deutscher Ingenieure und der Deutschen Reichsbahn veranstaltete Eisenbahntechnische Tagung vom September 1924 einschliefslich der Seddiner Ausstellung ausgiebig Gelegenheit gegeben, ihre qualitative Entwicklungslinie zu zeigen *). Zum Abschlufs ist diese Bewegung in der Werkstofferzeugung noch keineswegs gelangt. Notgedrungen haben sich zunächst Erzeuger und Verbraucher gewisser wichtiger Werkstoffe auf bestimmte, dem Verwendungszweck angepafste Anforderungen geeinigt, um möglichst hohe Wirtschaftlichkeit in der Erzeugung auf den Hüttenwerken und der Lagerhaltung im Handel und in den Verbraucherbetrieben herbeizuführen **).

Unter den Werkstoffen, die im Haushalt der Eisenbahnverwaltungen zufolge ihrer Güteanforderungen und Verbrauchsmenge eine hohe Bedeutung besitzen, stehen die Stahlsorten für ihre Bauwerke, Brücken, Hallendächer usw. mit an erster Stelle. Bei der Reichsbahn liegt aufserdem zufolge Einführung der Grofsraumwagen und der höheren Achslasten der Lokomotiven ein erhöhtes Bedürfnis zur Auswechslung älterer Brücken vor.

Zwei Vorgänge haben die Entwicklung des hochwertigen Baustahls merklich beeinflufst. Die Stahlwerke des In- und Auslands haben in den letztvergangenen Jahrzehnten wohl für einzelne Bauwerke dem Konstrukteur Stahl beträchtlich höherer Gütewerte, als wie sie zumeist bei Verwendung des in die Normen aufgenommenen St 37 üblich sind, zur Verfügung gestellt. Das waren Ausnahmen des Gesamtbilds. Etwa zeitlich zusammenfallend mit dem Ruhreinfall der Franzosen haben zunächst einzelne deutsche Stahlwerke mit aller Energie die Aufgabe angepackt, einen hochwertigen Stahl, der für Verbraucher zugleich Ersparnisse der zu bestellenden Menge bedeutet, herauszubringen und seine laufende Fertigung aufzunehmen. Die Gesamtheit der deutschen Stahlwerke schlofs sich, sobald sie an der Ruhr wieder freie Hand hatten, der Bewegung an und arbeitete mit Erfolg darauf hin, dafs für die neuen Baustähle Stoffe geschaffen wurden, die einesteils die Wünsche der Verbraucher erfüllten, andrerseits aber auch der Lage der deutschen Stahlindustrie hinsichtlich der Rohstoffe, Hüttenöfen und Walzwerkanlagen tunlichst Rechnung trugen.

Das andere Merkmal des Entwicklungsganges liegt auf seiten der Verbraucher. Ihre Konstrukteure hatten an den erwähnten, bisher vereinzelten Ausführungen grofser Eisenbauwerke in hochwertigerem Stahl, wie, um einige Beispiele zu nennen, an einer von der Gutehoffnungshütte in Nickelstahl erbauten Brücke, an einer Donaubrücke in Budapest, an der Hall-Gate-Brücke bei New York, den Vorteil schätzen gelernt, die Berechnungsgrundlage des Bauwerks auf der zulässigen Spannung an der Streckgrenze anstatt wie bisher auf der Bruchfestigkeit aufzubauen. Die von der neueren Materialkunde entwickelte Erkenntnis der Bedeutung der Streckgrenze als Grenzzone zwischen dem Gebiet elastischer Formveränderung und dem Gebiet der bleibenden Formveränderung war in weitere Kreise gedrungen und hatte die Überzeugung gefestigt, dafs die Belastungsgröfse eines Bauwerks stets so getroffen werden mufs, dafs seine Formänderungen in allen Teilen im elastischen Bereich vor sich gehen. In diesem Zustand ist dann das Bauwerk weder der sogenannten Alterung mit ihren Sprödigkeitserscheinungen ausgesetzt, noch wird seine Lebensdauer durch einen geringeren Widerstand gegen Ermüdung herabgesetzt.

Die kleineren Unterfragen, wie bei der Werkstoffprüfung auf dem Lieferwerk die Spannung an der Streckgrenze einwandfrei und mit einfachen Hilfsmitteln festzustellen sei, konnten für Abnahmezwecke durch Begrenzung der Zerreifsgeschwindigkeit auf eine Belastungszunahme von 0,5 kg je mm^2 und Sekunde und durch Verwendung von Mefsgerät, wie das der Bauart Martens-Kennedy, vorläufig befriedigend gelöst werden, bis von dem beim Deutschen Verband für die Materialprüfungen der Technik eingesetzten Unterausschufs für die Bestimmung der Streckgrenze eine endgültige Festlegung und Ergänzung der Din 1602 getroffen sein wird. Die Anschauung über die Bewertung der Streckgrenze hatte kurz zuvor bereits bei den Konstrukteuren des Fahrzeugbaues hinsichtlich dynamisch beanspruchter Teile, wie z. B. der Federn, der Kupplungsteile, festen Fufs gefafst und zu ihrer Einführung in die Lieferungsbedingungen geführt. Es war für den Brückenkonstrukteur eine nicht ganz einfache Aufgabe, nachträglich den Sicherheitsgrad der in St 37 ausgeführten Bauwerke in Beziehung zur Streckgrenze zu setzen. Die nach Abnahmeunterlagen angestellte Grofszahlforschung liefs erkennen, dafs der Streckgrenzenwert für St 37 recht erheblich streute, etwa zwischen 18 und 28 kg/mm^2 lag. Dieser Zustand ist in der freigegebenen Art der Stahlerzeugung und bei dem Fehlen einer entsprechenden Forderung bezüglich der Streckgrenze als ein durchaus natürlicher anzusehen. Für die Bauwerksberechnung wäre ein mittlerer Wert von etwa 22 kg/mm^2 in Frage gekommen. Der Konstrukteur kam zu der Forderung, dafs hier ein Mindestwert von etwa 30 kg/mm^2 vorhanden sein müsse, wenn beim Verlassen des bisherigen Werkstoffs St 37 und beim Übergang zu einem Stahl höherer Wertigkeit und höheren Erzeugungskosten ein wirtschaftlicher Vorteil für den Besteller des Bauwerks erwachsen soll.

*) Vergl. meinen Aufsatz über die qualitative Entwicklungslinie der Eisenbahnbaustoffe in „Glasers Annalen“ vom 15. 9. 24.

**) Die vom Verein Deutscher Ingenieure mit dem Verein deutscher Eisenhüttenleute und der Deutschen Gesellschaft für Metallkunde zum Oktober 1927 geplante Werkstofftagung, verbunden mit Werkstoffprüfschau in Berlin wird eine neue Übersicht über die Eigenschaften und Verwendungszwecke unserer Werkstoffe bringen.

Unter diesen Erwägungen, die Gegenstand wiederholter Beratungen von Vertretern der hauptbeteiligten Erzeuger- und Verbraucherkreise, des Vereins Deutscher Ingenieure, des Eisenbauverbands, der Deutschen Reichsbahn und von Baubehörden bis zum Ende des letzten Jahres gewesen sind, haben die deutschen Stahlwerke zwei Wege beschritten, um die angestrebte höhere Festigkeit des Werkstoffs zu erreichen. Die Erhöhung des Kohlenstoffgehalts von etwa 0,1 % im St 37 auf 0,25 — 0,3 % führte zum Stahl St 48; die noch weit gröfsere Steigerung des Siliziumgehalts von etwa 0,1 % auf etwa 0,8 % — unter Beibehaltung des dem St 37 zukommenden niederen Kohlenstoffgehalts — führte zum Siliziumstahl St Si, dessen Erzeugungsperiode kaum drei Jahre hinter der des St 48 einsetzte.

Es sei nur kurz darauf verwiesen, dafs die Anschauungen über die zweckmäfsigste Festlegung der Eigenschaften der beiden Werkstoffe sich erst während der ersten Jahre der Verwendung allmählich zu Lieferungsbedingungen dauernden Charakters verdichtet haben; Erzeuger und Verbraucher mufsten an Erfahrungen lernen. Ihr Grundcharakter wich indes von dem anfänglich von ihren Vätern ins Auge gefafsten nicht wesentlich ab. Ich übergehe die Einzelheiten der Entwicklung und werde die Eigenschaften dieser Stähle in der Verfassung, wie sie sich um die Jahreswende als allgemeine Vereinbarung darstellt, behandeln.

St 48. Die Bezeichnung ist der Normensprache entlehnt und deutet an, dafs seine Mindestbruchfestigkeit 48 kg mm² betragen soll; eine obere Grenze ist auf 58 kg/mm² festgelegt, um auszudrücken, dafs eine beliebige Steigerung des Kohlenstoffgehalts nicht erwünscht ist. Hiermit kann eine gewisse Empfindlichkeit des St 48 in der Warmbehandlung besprochen werden. Wegen seines Kohlenstoffgehalts mufs er bei anfallender Feuerverarbeitung vor zu hohen Temperaturen und vor schneller Abkühlung geschützt werden, weil sonst Überhitzung bzw. Härtung eintritt und damit die Zähigkeit des Stahls vermindert wird. Aus dem Erläuterungsblatt Din 1606 kann ersehen werden, dafs die Schmiedetemperatur des St 48 um 50 bis 100° tiefer liegt, als wie sie dem St 37 zukommt.

Der für die Streckgrenze von den Verbrauchern als erwünscht erachtete Wert von 30 kg/mm² schien nach einer grofsen Zahl ausgeführter Lieferungen auch erfüllbar zu sein. Bei Nachprüfungen ausfallender Lieferungen trat mit Deutlichkeit die Abhängigkeit des Streckgrenzenwertes von der Dicke der ausgewalzten Profile zutage. In ein und derselben Schmelzung genügten die dünnen Profile, während bei den dickeren, bei denen ein geringerer Grad der Warmknetung vorliegt, der gewünschte Wert nicht erreicht wurde. Eine Abstufung der Werte nach der Profilstärke erschien nicht zweckmäfsig. Man einigte sich auf die Zahl 29 kg/mm² als Mindestwert für alle Querschnitte.

Die Forderung für die Bruchfestigkeit 48 bis 58 kg/mm² entspricht nach Höhe und Spanne den natürlichen Erzeugungsverhältnissen dieser hochwertigen Stahlsorten.

Die Dehnungsgröfse mit 18 % für Lang- und Querproben ist nicht gerade eine hohe zu nennen. Es sollte jedoch der Abhängigkeit von der Profilstärke und Walzrichtung Rechnung getragen werden. Darum wurde ein Einheitswert, gültig für alle Fälle, festgesetzt. In Lieferungen von Formeisen dünner Profile (< 10 mm) werden sich tatsächlich höhere Dehnungswerte in der Walzrichtung als 18 % finden.

Die andere Zähigkeitsgröfse, der Biegewinkel beim Faltversuch (nach Din 1605) und die Gröfse des hierbei verwendeten Dorndurchmessers ist zum gleichen Wert wie bei St 37, d. h. 180° bei einem Dorndurchmesser = 2 × Blechdicke, in die Vorschrift übernommen worden.

Die Untersuchungen der Erzeuger und Verbraucher, darunter die der Mechanischen Versuchsanstalt des Eisenbahn-Zentralamts, haben sich auf weitere Gütewerte als: Kerbzähigkeit, Dauerschlagzahl, Ermüdungsfestigkeit, Gefügeaufbau, Schweifsbarkeit auf der elektrischen Widerstandsschweifsmaschine, sowie die chemische Zusammensetzung und den Reinheitsgrad, erstreckt. Bei diesen Laboratoriumsversuchen wurden befriedigende Werte erhalten. Es wurde aber nicht für notwendig erachtet, Ergebnisse dieser Ermittlungen in die Lieferungsbedingungen aufzunehmen, weil die zu verlangende Beschaffenheit des St 48 durch die zuvor mitgeteilten Zahlen hinreichend festgelegt wird und nur eine für beide Teile unerwünschte Belastung des Abnahmedienstes geschaffen worden wäre.

Eine ergänzende Festsetzung war für Nietstahl zu treffen. Es war zunächst durch Werkstattversuche an Nietarbeiten zu prüfen, ob der höhere Kohlenstoffgehalt des St 48 beim Einziehen rotwarmer Niete in dickere Bleche unter der abkühlenden Wirkung der kalten Wandungen sich nicht unliebsam bemerkbar mache. Eine gewisse Erhöhung der Festigkeit wurde wohl beobachtet, doch konnte die bekannte Kopfschlagprüfung bei sachgemäfser Nietfertigung immer bestanden werden, ohne dafs Sprödigkeitsanzeichen auftraten. Für die Bedingungen mufste der Stauchversuch unter gleichen Verhältnissen wie bei St 37, d. h. Stauchbarkeit der Proben (Höhe = zweifacher Durchmesser) auf ein Drittel der anfänglichen Höhe, vereinbart werden. Die Scherfestigkeit wurde auf die Lage der Bruchfestigkeit abgestimmt und zu 36 bis 48 kg/mm² bemessen.

Der neue Werkstoff mufste durch eine Reihe Bestimmungen äufserlich gekennzeichnet werden, damit Verwechslungen mit anderen Baustahlsorten, wie St 37, sowohl im Verlauf der Herstellung auf den Hüttenwerken, als bei der Lagerung in den Werkstätten der Eisenbauanstalten und im Handel vermieden werden. So werden die Blöcke im Stahlwerk durch ein in das Kopfende gestecktes Stück Eisen kenntlich gemacht, die ausgewalzten Profile rotwarm mit dem Stempel »St 48« und nach dem Erkalten mit einem durchgehenden weifsen Ölfarbestreifen versehen. Bleche erhalten die Beschriftung »St 48« in weifser Farbe, umrahmt durch einen weifsen Ölfarbekreis. Die ausgewalzten Nietstangen werden vor Kopf mit weifser Ölfarbe gestrichen. Die geschlagenen Niete tragen erhaben das Kopfzeichen »II«. Nach der Vorschrift müssen hierzu geeignete Nietwerkzeuge verwendet werden.

Als Erfolg der Einführung des St 48 in den Brückenbau konnte bei einer Reihe ausgeführter Eisenbahnbrücken eine Gewichtsersparnis von 15 % gegenüber der Ausführung in St 37 mit entsprechender Kostenersparnis gebucht werden.

St Si. Die Steigerung der zulässigen Spannung an der Streckgrenze von 29 auf 36 kg/mm², wie sie nach den Angeboten der Erzeuger des Siliziumstahls möglich sein sollte, bot einen starken Anreiz, mit aller Energie die Eigenschaften des Siliziumstahls und seiner Erzeugungsmöglichkeiten zu prüfen. Es ist bekannt, dafs die Freund-Aktiengesellschaft in Charlottenburg, unter Verwendung einer besonderen Ofenbauart des Schweizers Bosshardt, vor wenigen Jahren den Anstofs gegeben hat, dem Si-Stahl mit niedrigem Kohlenstoffgehalt von etwa 0,1 % und einem Siliziumgehalt von annähernd 1 % als Konstruktionsstahl für Eisenbauten in weiteren Kreisen Geltung zu verschaffen, und selbst hierzu gewisse Mengen Stahl aus ihrem kleinen 3 t-Ofen zur Verfügung gestellt hat. Weniger bekannt ist, dafs bereits vor 20 Jahren die Schiffe Mauritania und Lusitania aus Si-Stahl mit 0,27 % Kohlenstoffgehalt und 1,12 % Siliziumgehalt erbaut worden sind und vor 15 Jahren der Italiener Paglianti eingehende Laboratoriumsversuche an einer Stahlsorte mit einem Kohlenstoffgehalt von 0,1 % und einem Siliziumgehalt von 1 % angestellt hat. Vorzügliche Erfahrungen mit Si-Stahl höheren Kohlenstoffgehalts deutschen Erzeugnisses lagen für andere Verwendungszwecke, z. B. Federstahl, Kupplungsstahl, seit einer Reihe von Jahren vor. Sie konnten zu Grofsversuchen mit dem Si-Stahl niedrigen Kohlen-

stoffgehalts durchaus ermutigen. Die gesamte deutsche Stahlindustrie nahm die Bewegung auf und erhärtete an Lieferungen ihre Auffassung, dafs das Ausbringen der gewünschten Eigenschaften nicht von einer besonderen Ofenbauart abhängig ist, bzw. dafs für die Herstellung in grofsen Mengen gerade der Siemens-Martin-Ofen geeignet sei. Die Deutsche Reichsbahn unter Führung ihres Brückenbau-Referenten, Geheimrat Dr. Ing. e. h. Schaper, darf sich das Verdienst zuschreiben, dafs sie als erste die Verantwortung für Aufträge zur betriebssicheren Ausführung eiserner Brücken aus Si-Stahl übernommen und der Stahlwerkindustrie damit ein schätzbares Absatzgebiet für den zu entwickelnden Stahl höherer Wertigkeit erschlossen hat. Die Beratungen zwischen der Deutschen Reichsbahn und dem Verein deutscher Eisenhüttenleute über die Gestaltung der Anforderungen an den Si-Stahl wurden u. a. unter dem Gesichtspunkt gepflogen, dafs der neue Werkstoff auch im Eisenbahnfahrzeugbau, z. B. für die Profile und Blechsorten der Grofsraumgüterwagen und anderer geeigneter Spezialwagen, verwendet werden könnte.

Aus den zahlreichen Versuchslieferungen und den kritischen Erörterungen, die gleich wie beim Stahl St 48 stattfanden, entwickelten sich folgende Lieferungsbedingungen, bezogen auf den langen Proportionalstab:

Formeisen und Bleche.

Streckgrenze > 36 kg/mm².

Bruchfestigkeit > 48 kg/mm², mit der Mafsgabe, dafs auch in der Einführungszeit eine obere Grenze von 62 kg/mm² nicht überschritten werden darf.

Dehnung in der Walzrichtung $> 20\,\%$,

» quer zur Walzrichtung $> 18\,\%$.

Faltversuch wie bei St. 48, d. h. Biegewinkel 180° bei einem Dorndurchmesser von $2 \times$ Blechdicke.

Nieteisen.

Stauchversuch: Endhöhenmafs des Probekörpers $=$ die Hälfte der ursprünglichen Höhe.

Scherfestigkeit wie bei St. 48, d. h. zwischen 36 und 48 kg/mm².

Kerbschlagversuch wie bei St 48.

Als Kurzzeichen wurde die Bezeichnung StSi gewählt.

Die äufsere Kennzeichnung erfolgt sinngemäfs nach den Vorschriften für St 48. An Stelle der Stempelung »St 48« ist »Si« zu setzen. An Stelle der weifsen Ölfarbe tritt silberglänzende Aluminiumfarbe, sowohl bei Formeisen und Blechen als auch bei Nieteisen. Die Nietköpfe erhalten statt des »H« die erhabenen Buchstaben »Si«.

Auf Grund der höheren Gütewerte des Si-Stahls konnten für die Berechnung von Bauwerken die zulässigen Spannungen abermals erhöht werden um 50% der für St 37 bestimmten, während die für St 48 zugelassene Erhöhung nur 30% beträgt. Einige Brücken aus Si-Stahl befinden sich z. Zt. in Ausführung. Der Aufpreis des gewalzten Si-Stahls gegenüber der Marke St 37 beträgt etwa 25%.

Über die Verarbeitbarkeit von St 48 und Si-Stahl auf den Arbeitsmaschinen der Eisenbauanstalten und auf den Montageplätzen kann etwa die gleiche Wahrnehmung ausgesprochen werden, dafs der Kraftverbrauch der Arbeitsmaschinen etwas gröfser ist als bei St 48, dafs aber Schwierigkeiten nicht aufgetreten sind. Die höhere Lage der Streckgrenze erklärt, dafs der Formänderungswiderstand ein gröfserer ist. Z. B. macht der Nieter die Erfahrung, dafs diese Eigenschaft auch für den warmen Zustand zutreffend ist.

Eine Betrachtung über neuere Baustähle würde unvollständig sein, wenn man nicht auch den Vorgängen in der Erzeugung hochwertigen geschmiedeten Si-Stahls und des Stahlgusses Erwähnung tun wollte. Die gewalzten St 48 und Si-Stähle gehören ihrer Art nach, wenn man sie unter den Gesichtspunkten der Normungsarbeiten bezeichnen wollte, in die Reihe derjenigen Sorten, die das Din-Blatt 1612 aufführt. Den geschmiedeten Si-Stahl möchte ich der Art nach mit den Sorten, die in Din 1611 und 1661 eingereiht sind, vergleichen. Seine Verwendung geht vorzüglich den Fahrzeugbauer an. Bisher bestand Bedürfnis, für Treibzapfen (Einsatzmaterial) die Marke St C 10.61 und für Kolbenstangen, Treib- und Kuppelstangen die Marke St 50 in gröfseren Mengen zu verwenden. Mit steigender Leistung der Lokomotiven entstand der Wunsch, Stahlsorten höherer Wertigkeit zur Verfügung zu haben. Die Stahlindustrie hat hierfür ebenfalls Si-Stahl, jedoch von erhöhtem Si-Gehalt von etwa 1,4 bis 1,6% und niedrigem C-Gehalt (0,1%), geeignet sowohl als Ausgangsstoff für einsatzgehärtete Zapfen, als auch für Stangen, die nach dem Schmieden normal geglüht werden, angeboten. In der derzeitigen Entwicklungsstufe beschränke ich mich darauf, zu erwähnen, dafs die Streckgrenze des normal geglühten Zustands etwa bei 40 kg/mm² liegt, die Dehnung am langen Proportionalstab $> 20\,\%$ ist, die Kerbzähigkeit > 10 mkg/cm². Die Einsetzbarkeit ist gut. Der Preis liegt etwa 15% höher als beim bisherigen Flufsstahl für Einsatzzwecke.

In der Entwicklungslinie des Stahlgusses ist ebenfalls höhere Wertigkeit an der Streckgrenze und Dehnung als Merkzeichen anzusehen. Diese Gütewerte werden durch höheren Si-Gehalt bei niedrigem C-Gehalt erreicht. Versuche, bei denen die verschiedenen Eigenschaften nach einschläglichen Prüfverfahren ermittelt und Festigkeitswerte in höheren Temperaturen, zwischen 200 und 600°, festgelegt werden sollen, sind von berufenen Stellen in Angriff genommen worden; hierüber folgt weitere Mitteilung zu gelegener Zeit. Voraussichtlich kann auch denn übersehen werden, welche Gütewerte der im 10 t Bofshardtofen*) erschmolzene Si-Stahl in laufender Fertigung besitzt.

*) Neuerdings bei den Mitteldeutschen Stahlwerken, Abteilung Gröditz, aufgestellt.

Wärmeableitung aus den Schienen nach der Bettung und Weglassung der Stofslücken im Eisenbahngleise.

Von **R. Scheibe**, Finanz- und Baurat a. D., Klotzsche bei Dresden.

Der hier besprochene Versuch wurde im Materialprüfungs- und Versuchsamte an der technischen Hochschule zu Dresden mit einem von der Aktien-Gesellschaft Lauchhammer in Riesa a. E. zur Verfügung gestellten Modelle (natürliche Gröfse) ausgeführt. Das Modell bestand aus einem 50 cm langen Schienenstück, das auf einem 63 cm langen Stücke der Scheibe-Hohlschwelle starr befestigt und in trockenem groben Kiese innerhalb eines Holzkastens gebettet war. In ähnlicher Weise war ein zweites, auf einem Holzschwellenstücke wie üblich befestigtes Schienenstück gleicher Form behandelt. Beide hintereinander geschalteten Schienenstücke trugen auf ihren Köpfen (Abb. 2) Wicklungen von Rheotandraht, die den aus dem Hauptnetz entnommenen Strom in Wärme umsetzten. Das Verhalten der auf diese Weise den Schienenstücken zugeführten Wärme wurde in beiden Fällen mittels thermoelektrischer Elemente dadurch festgestellt, dafs diese Elemente mit denjenigen Punkten der Schienen, der Schwellen, der Verbindungsteile und der Bettung, die für die Beurteilung der Wärmesteigerung und Wärmefortleitung in Frage kamen, in Berührung gebracht waren. Die in diesen, vorher geeichten, Elementen durch den jeweilig an den Mefspunkten herrschenden Wärmezustand erzeugten Schwachströme wurden mit Hilfe eines Millivoltmeters (Hart-

mann & Braun, Frankfurt) gemessen und dann in Celsiusgrade umgerechnet.

Die Thermoelemente waren sinngemäfs numeriert und auf schmelzendes Eis bezogen, mit einer Schalttafel verbunden, die in bestimmten Zeitabständen die Ablesungen am Millivoltmeter vermittelte.

Um genügend viele Vergleichs- und Durchschnittswerte zu erhalten, wurden zunächst an 22 Tagen je fünf bis sieben Beobachtungsreihen abgelesen und aus diesen die Diagramme (Beispiel: Nr. 1 bis 4) entwickelt. Letztere enthalten als Abszissen die Zeitdauer der Heizung und als Ordinaten die Steigerung der Wärme von der Anfangstemperatur an gerechnet.

Die ersten 14 Beobachtungstage waren lediglich den Ableitungsverhältnissen am Hohlschwellenmodell gewidmet, während die nächsten vergleichsweise auch die Schiene auf der Holzschwelle mit umfafsten.

Da der Schienenfufs der die Wärme unmittelbar abgebende Teil ist, so wurde seine Wärme und nicht die des Schienenkopfes als Mafsstab für den Versuch angenommen.

Aus den Beobachtungen ergeben sich folgende Tatsachen:

a) Die Hohlschwelle reagiert auf die ihr zugeführte Wärme auch dadurch, dafs sich die inneren Abmessungen ihres Querschnittes vorübergehend verändern. Dieser Vorgang, der bei den angewendeten Wärmesteigerungen bis 25 Hundertstel Millimeter umfafst, wurde durch Mefsuhren im Schwelleninnern festgestellt.

b) Die Gleichheit des Stoffes der Schiene und der Hohlschwelle des Modells und die innige gegenseitige Berührung auf grofsen Flächen unter stärkster Anpressung aneinander vermitteln den sofortigen Beginn des Übertrittes der der Schiene zugeführten Wärme nach dem 1,6 mal mehr Eisen enthaltenden Schwellenstücke mit Befestigungsteilen, aus dem sehr bald, wie die Diagramme zeigen, die Weitergabe von Wärme an die Ausfüllmasse der Schwelle und die aufserhalb liegende Bettung erfolgt. Die Anwesenheit von Luft in der Bettung und deren Trockenheit verlangsamen und beschränken zwar zunächst die Wärmeaufnahmsfähigkeit der Bettung, sie läfst aber die Steigerung ihrer Temperatur auch dann noch zu, wenn der Wärmezuflufs aus der Schiene schon aufgehört hat und die Wärme nur aus der Schwelle bis zum Ausgleich entnommen wird.

c) Im Anfang der Schienenheizung findet infolge des grofsen Wärmegefälles ein rascherer Wärmeabflufs, eine stärkere Steigung der Wärmekurven der Eisenteile statt, die dann einen langsamer steigenden Verlauf nehmen als Folge der geringer werdenden Wärmeaufnahmsfähigkeit des Eisens und der nicht schärfer werdenden Heizung. Auf welcher Ursache die Senkung im letzten Teile der Schienenfufskurve in Diagramm 3 beruht, ist nicht aufgeklärt. Unterdessen geht aber die Wärmesteigerung in der Füllmasse und in der Bettung weiter, deren Kurven stetig ansteigen. Bei stärkerer Heizung (24 Ampere von 110 bis 140 Volt) treten vorstehende Tatsachen stärker in die Erscheinung.

d) Die Abweichungen der Millivoltablesungen in den Beobachtungstabellen hinsichtlich der einzelnen Beobachtungspunkte an verschiedenen Tagen bei derselben Heizung sind darin begründet, dafs Gebäudeerschütterungen, die zur Zeit der Beobachtung durch andere Arbeiten entstanden, die Thermoelemente beeinflufsten, so dafs sie nicht in gleichbleibender Weise den Kontakt mit der Beobachtungsstelle, der sie dienten, hielten und dementsprechend verschiedene Schwachströme erzeugten, die dann auch verschiedene Wärmegrade ergaben. Der Beurteilung wird deshalb vorläufig der Durchschnittswert aus den Spalten 11, 13 und 15 der Übersicht I zugrunde gelegt.

e) Die Erwärmung des Fufses der auf der Holzschwelle verlegten Schiene beträgt bei gleicher Wärmezufuhr mindestens das $1\frac{1}{2}$fache derjenigen des Fufses der Hohlschwellenschiene. Bei stärkerer Erhitzung, die aber aus örtlichen Gründen nicht statthaft war, würde sich der Unterschied noch schärfer herausgestellt haben. Aufserdem war der Wärmeverlust durch Strahlung infolge Luftzuges bei der Holzschwellenschiene gröfser als der bei der Hohlschwellenschiene.

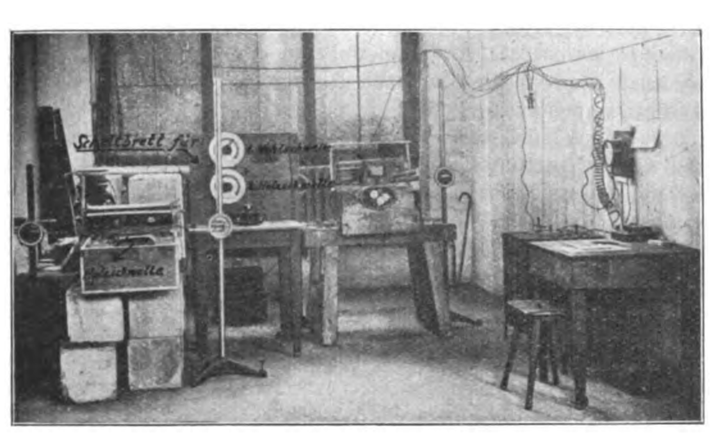


Abb. 1.

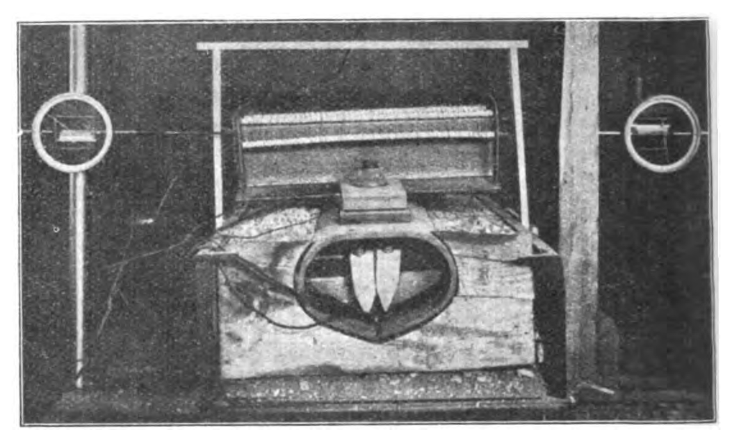


Abb. 2.

f) Soweit nicht die jeweilig angewandte Heizungsenergie oder die in Punkt d) behandelten Gründe Abweichungen hervorriefen, wurden 68 bis 63,4 % der Schienenfufswärme in der Hohlschwelle mit Befestigungsteilen nachgewiesen, 29 bis 31,3 % in der Schwellenfüllmasse und 17 bis 15,8 % in der Bettung.

Die praktisch vorkommenden Temperaturgrenzen wurden dabei eingehalten. Das berechtigt zu der Annahme, dafs sich die Wärmeableitung aus der Schiene nach einer gewissen Gesetzmäfsigkeit vollzieht, die von den erreichten Wärmegraden unabhängig ist.

g) Eine Beurteilung der Frage der Längsausdehnung, die infolge der in der Schiene verbleibenden Restwärme entsteht und die durch die starre Schienenbefestigung hinderlich beeinflufst wird, ist nach folgendem möglich: Mittels der an den Enden der Schienenstücke aufgestellten Zeigerapparate (Abb. 1 und 2), deren Angaben bis auf $^{1}/_{100}$ mm genau sind, wurde bei vier aufeinander folgenden Ablesungen die Dehnung gemessen zu:

Ablesungs-Nr. am 25. März 1926	Holzschwellenschiene					Hohlschwellenschiene				
	Wärmesteigerung des 50 cm langen Schienenstückes	Gemessene Dehnung			Berechnete Dehnung $\lambda = \frac{L.x}{85000}$	Wärmesteigerung des 50 cm langen Schienenstückes	Gemessene Dehnung			Berechnete Dehnung $\lambda = \frac{L.x}{85000}$
		links	rechts	zusammen			links	rechts	zusammen	
	in ^{0}C	in Hundertstel Millimeter				in ^{0}C	in Hundertstel Millimeter			
1	25,3	5	5,5	10,5	13	15,1	2	3	5	8
2	31,0	8	9	17	18	18,6	5	3,5	8,5	11
3	31,9	8,5	9	17,5	18	20,5	6	4	10	12
4	33,1	8,5	10	18,5	19	22,5	8	4	12	13

Das Verhältnis von annähernd 3 : 2 der Ausdehnung der Holzschwellenschiene zu der der Hohlschwellenschiene ist bei allen vier Ablesungen der Beobachtung vom 25. März bemerkenswert. Die Heizung beider Schienenstücke war die gleiche, während eine Ableitung der Wärme, abgesehen von der durch Strahlung erfolgten, nur bei der Hohlschwellenschiene stattfand.

Eine Schiene von 15 m Länge wird etwa an 20 Unterstützungspunkten festgehalten. Es kommt also für jede Schienenbefestigung auf Hohlschwellen eine Schienenstücklänge von 2375 mm in Betracht, was, im Vergleiche zum vorliegenden Versuche, einer Ausdehnung von 0,19 mm bei einer Wärmesteigerung von 33° C entspräche. Dieser, von der in der Schiene verbliebenen Restwärme erzeugten Ausdehnung wird durch das elastische Zusammendrücken der Schiene ausgeglichen.

h) Aus den Diagrammen 1 bis 3 (Abb. 3) ersieht man unter Beachtung des Punktes d), dafs eine gröfsere oder geringere Erhitzung der Schiene, oder eine lange Wärmeeinwirkung die Verhältnisse der Ableitung nur unwesentlich beeinflufst und etwaige Mehrrestwärme der Mitverarbeitung im Schwellenquerschnitte nach dem Schlufssatze des Punktes g) vorbehalten bleibt.

i) Über den Umfang der in der Hohlschwellenschiene verbleibenden Restwärme werden spätere Versuche Aufschlufs geben. Vermutlich wird sie nach Aufhören der Heizung gering sein, denn nach Diagramm 4 (Abb. 4) kommt die Deckenwärme der Hohlschwelle auf die Höhe der Schienenfufswärme. Dafs letztere

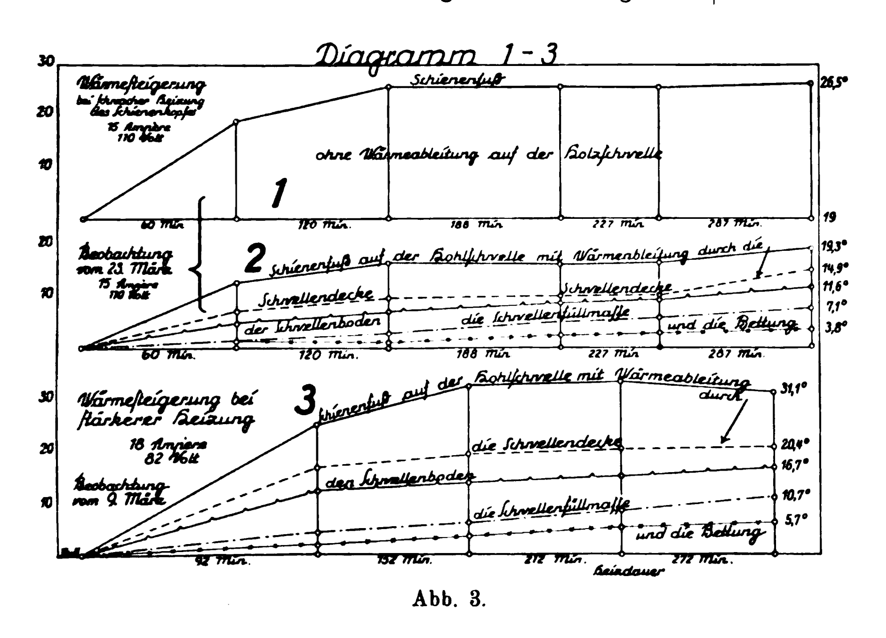


Abb. 3.

Diagramm 4.
Wärmesteigerung bei starker Heizung
24 Amp. 110 Volt. 9. Februar 1926.

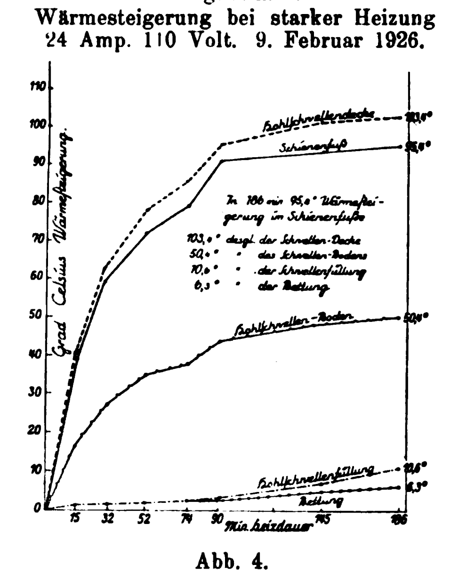


Abb. 4.

durch die starre Schienenbefestigung entgegengewirkt. Da letztere die Schiene und Hohlschwelle zu einem elastischen Einheitskörper verbunden hat, so wird die durch die Dehnung in der Schiene erzeugte Längsdruckspannung auf die Schwellendecke als innere Tangentialkraft wirken und damit eine gewisse elastische Verdrückung des Schwellenquerschnittes zustande bringen.

Der Ausdehnung der 15 m langen Schiene auf Hohlschwellen, die nach obigem überhaupt höchstens nur $^2/_3$ so warm werden kann, als die Schiene auf Holzschwellen, werden auf mindestens 20 Befestigungspunkten Kräfte entsprechen, die, falls sie nicht infolge des Zusammenstofsens der Schienenstirnen, durch die gleichen Gegenkräfte aus der Nachbarschiene aufgehoben werden, im Verdrückungsvorgange von 20 Schwellenquerschnitten ihre Auswirkung finden. Wahrscheinlich werden bis zu einer gewissen Temperatur alle Wärmelängenänderungen in dem Diagramm 4 etwas kleiner erscheint, kann nur in einer Kontaktlockerung des Thermoelementes mit dem Schienenfufse begründet sein. Voraussichtlich kommt ein voller Wärmeausgleich zwischen den Eisenmengen der Schiene und den 1,6 mal gröfseren der Schwelle zustande, die ihrerseits dann ihre Wärme an die Bettung weitergeben.

k) Das Verhältnis der Teilnahme der äufseren Bettung an der Wärmeaufnahme zu der der Schwellenausfüllungsmasse ist etwa 2 : 3 bis 1 : 2. — Ein gewisser Feuchtigkeitsgehalt der (hier ganz trockenen) Bettung würde ihre Wärmeleitfähigkeit begünstigt und die Ergebnisse noch besser gestaltet haben.

Schlufsbemerkung.

Aus 20 Beobachtungstabellen und Diagrammen, die das vorstehend im Auszuge vorgelegte Ergebnis des Versuches bilden, und den Schlufsfolgerungen unter a) bis k) darf angenommen

werden, dafs die Wärmeableitung nach der Bettung in der vorgeschlagenen Weise erreichbar ist.

Hiernach ist es möglich, sowohl die Stofslücken im Schienenstrange wegzulassen und die Schienen scharf aneinander zu stofsen, als auch die starre Verlaschung der Schienen anzuwenden, um damit eine stetig fortlaufende, seitlich wie lotrecht unveränderliche Fahrkante zu erzielen.

Die elastische Schienenunterstützung auf der Hohlschwelle bietet also folgende Vorteile:

1. Schliefsung der Stofslücken und Herstellung einer unwandelbaren Fahrkante mit der Folge eines ruhigeren Fahrens und der Schonung der Fahrzeuge wie des Unterbaues.
2. Verminderung der Abnützung aller Oberbauteile einschliefslich der Bettung.
3. Verringerung der Gleisunterhaltungskosten.
4. Ortsbeständigkeit des Gleises nach Höhe und Lage und Fortfall aller aus der gegenwärtigen Gleisbeweglichkeit entspringenden Folgen, weil die unvermeidlichen Betriebsstöfse im Gleise selbst unschädlich verarbeitet werden.

Vergl.: „Der Bauingenieur", 1927, Heft 9.

Berichte.

Lokomotiven und Wagen.

2 F 1-h 3 Lokomotive der Union Pacific Bahn.

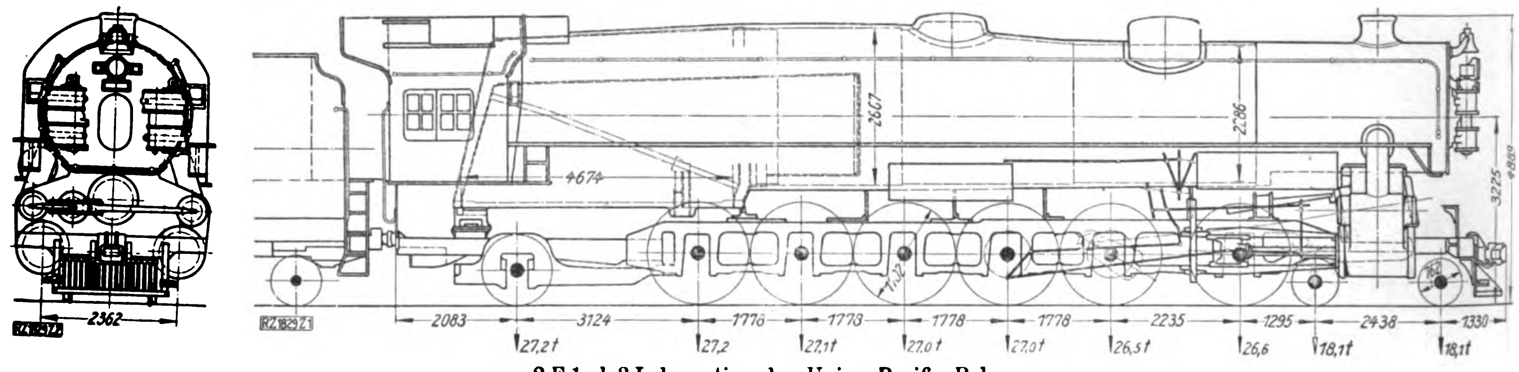
Die von der Amerikanischen Lokomotiv-Gesellschaft vor kurzem fertiggestellte und nach der Eigentumsbahn als „Union Pacific Type" bezeichnete Lokomotive ist die schwerste bisher gebaute Lokomotive überhaupt, wenn man von den Gelenklokomotiven absieht. Sie ist für den schweren Güterzugdienst bestimmt, den bisher in der Hauptsache 1 D + D-h 4 v Gelenklokomotiven besorgt haben. Da sich diese ihrer Bauart nach für höhere Geschwindigkeiten nicht eigneten, wurde für die rascher fahrenden Züge 1917 eine 1 E 1-h 2 Lokomotive und hieran anschliefsend im vergangenen Jahr eine 2 E 1-h 3 Lokomotive*) beschafft. Die guten Erfahrungen mit dieser letzteren Lokomotive haben nunmehr den Anstofs zu der neuen Bauart gegeben, die auch die schwersten Züge beschleunigt befördern soll. Die Bahn hofft mit ihr die Grundgeschwindigkeit von 32 auf 64 und die durchschnittliche Geschwindigkeit von 20 auf 32 km/Std. steigern zu können. Da sich zwei Zylinder von der erforderlichen Gröfse nicht mehr hätten unterbringen lassen, war die Dreizylinderbauart das nächstliegende, um so mehr, als man mit der 2 E 1-h 3 Lokomotive gegenüber der im allgemeinen gleichgrofsen 1 E 1-h 2 Lokomotive im regelmäfsigen Dienst angeblich um 20% mehr Anhängelast schleppen konnte und dabei noch um 16% weniger Brennstoff brauchte. Die folgende Zusammenstellung gibt einen Vergleich der vier Güterzuglokomotiven:

Bauart	1 D + D-h 4 v	1 E 1-h 2	2 E 1-h 3	2 F 1-h 3	
Baujahr . . .	1911	1917	1925	1926	
Reibungsgewicht	211	130	131	161	t
Dienstgewicht der Lok. . .	226	162	184	224,4	„
Treibrad-Durchmesser .	1448	1600	1600	1702	mm
Heizfläche — im ganzen — . .	635	595	640	781	m²
Rostfläche . .	8,2	7,8	7,8	10,5	„
Gröfste Zugkraft	56000 Zwill. 47000 Verb.	32000	35500	44000	kg

*) Organ 1926, S. 50.

Die sechsfach gekuppelte Lokomotive in ihrer heutigen, brauchbaren Form ist eine Schöpfung Gölsdorfs, der 1911 seine bekannte 1 F-Gebirgs-Schnellzuglokomotive entwarf. Anschliefsend daran baute 1912 die Hanomag ihre 1 F 1-h 2 Tenderlokomotive für Java, Württemberg 1917 die 1 F-h 4 v Güterzuglokomotive Klasse K, jetzt G 67.16, und 1922 wiederum die Hanomag die F-n 2 v Tenderlokomotive für Bulgarien. Wenn jetzt der amerikanische Lokomotivbau diese Bauart übernimmt, so mufs man sich erinnern, dafs schon die erste sechsfach gekuppelte Lokomotive ebenfalls in Amerika entstanden ist. Im Jahre 1857 baute Milholland eine F-Tenderlokomotive für die Philadelphia und Reading Bahn*), die immerhin verschiedene Jahre in dieser Form gelaufen sein soll, wenn auch Angaben, wonach sie sich bewährt habe, vorsichtig aufzunehmen sein werden.

Die neue 2 F 1-Lokomotive weicht hinsichtlich Trieb- und Laufwerk von den erwähnten früheren Lokomotiven teilweise ab.



2 F 1-h 3 Lokomotive der Union Pacific Bahn.

Wie bei der Lokomotive Gölsdorfs treiben zwar auch hier die Aufsenzylinder die dritte Kuppelachse an, der Innenzylinder aber die zweite. Diese Anordnung ergab sich aus dem grofsen Treibraddurchmesser von 1702 mm, der seinerseits wieder mit Rücksicht auf eine gute Durchbildung der Kropfachse gewählt werden mufste. Dabei ist der Hub des Innenzylinders immerhin noch etwas kleiner als bei den äufseren Zylindern. Da in Amerika vierfach gekuppelte Lokomotiven meist ohne seitenverschiebbare Achsen gebaut werden, war es auch hier naheliegend, die vier mittleren Kuppelachsen fest anzuordnen. Die vierte Kuppelachse ist zwar bei der ersten Ausführung ohne Spurkränze geblieben, soll aber künftig solche erhalten. Nur die vordere und hintere Kuppelachse sind seitlich verschiebbar und haben Rückstellfedern, die Schleppachse ist in der üblichen Weise krümmungsbeweglich. Die umständliche Kupplung der beiden letzten Achsen nach Gölsdorf ist also vermieden. Die vorderen vier und die hinteren fünf Achsen sind je unter sich ausgeglichen. Bemerkenswert ist die Verbindung dieses Ausgleichs mit dem Drehgestell ähnlich der Ausführung bei Bissel-Achsen. Um möglichst alle Schrauben- und Nietverbindungen zu vermeiden, ist dasselbe nur aus drei Stahlgufsteilen, einem Mittelstück und zwei Seitenteilen zusammengesetzt. Die an die Seitenteile angegossenen Achsbüchs-

*) Jahn, Die Dampflokomotive in entwicklungsgeschichtlicher Darstellung ihres Gesamtaufbaus, S. 328.

gehäuse sind durch vorn bzw. hinten angebrachte Deckel zugänglich. In dem unter dem Angriffspunkt des Ausgleichhebels liegenden Trog ist eine aus schiefen Ebenen und Rollen bestehende Rückstellvorrichtung eingebaut, die beiderseits eine Verschiebung um je 159 mm zuläfst. Der Drehzapfen greift dazwischen hindurch in das Mittelstück ein. Die Lager für die Treib- und Kuppelachsen sind ähnlich dem Obergethmann-Lager dreiteilig ausgeführt. Die beiden unteren Teile sind nachstellbar. Die Achsschenkelabmessungen betragen bei den Treibachsen 304 bis 330, bei den Kuppelachsen 254 bis 330 mm.

Die Zylinder sind zum erstenmal bei einer Dreizylinder-Lokomotive aus Stahlgufs mit gufseisernen Büchsen hergestellt. Der Innenzylinder ist um 9° 30′ geneigt. Das Einströmrohr auf der rechten Seite dient zugleich für den mittleren Zylinder; dessen Dampfzuleitung ist erst im Zylindergufsstück abgezweigt und zwar so, dafs etwa mitgerissenes Wasser in den Aufsenzylinder gelangt, der sich leichter entwässern läfst als der mittlere. Die Ausströmkanäle vereinigen sich ebenfalls noch innerhalb des Gufsstücks. Das Triebwerk entspricht demjenigen der übrigen amerikanischen Dreizylinder-Lokomotiven.

Der Kessel mit Kleinrohr-Überhitzer zeigt die übliche amerikanische Bauform. Eine gewisse Schwierigkeit lag aber darin, dafs die zur Verfügung stehende Kohle einen grofsen und tiefliegenden Rost mit grofsem Verbrennungsraum und langem Flammenweg erforderte. Der Rost wurde daher bis über die letzte Kuppelachse vorgezogen, die wegen des grofsen Durchmessers teilweise in denselben hineinragt. Eine über 2 m lange Verbrennungskammer gibt den erforderlichen Verbrennungsraum. Die ebenfalls mehr als 2 m betragende Entfernung des Schornsteins von der vorderen Rohrwand soll gleichmäfsige Verteilung des Zuges über sämtliche Rohre gewährleisten.

Von der Ausrüstung ist der Worthington-Vorwärmer zu erwähnen. Der sechsachsige Tender hat Vanderbilt-Form. Die Lokomotive ist seit Anfang April im Dienst und soll bisher den Erwartungen voll entsprochen haben. Ihre Hauptabmessungen sind:

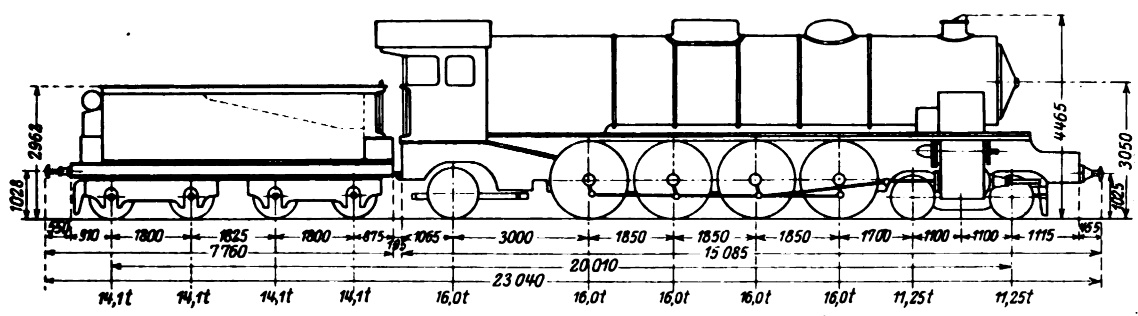
Kesselüberdruck p	15,5 at
Zylinderdurchmesser d	686 mm
Kolbenhub h, Aufsenzylinder	813 „
„ „ Innenzylinder	787 „
Kesseldurchmesser innen vorn	2286 „
Kesselmitte über Schienenoberkante	3226 „
Feuerbüchse: Länge und Weite	4670 × 2760 „
Heizrohre: Anzahl	40 Stück
„ Durchmesser	89 mm
Rauchrohre: Anzahl	222 Stück
„ Durchmesser	89 mm
Rohrlänge	6706 „
Heizfläche der Feuerbüchse mit Verbrennungskammer und Wasserrohren	55,0 m²
Heizfläche der Rohre	488,0 „
„ des Überhitzers	238,0 „
„ — im ganzen — H	781,0 „
Rostfläche R	10,5 „
Durchmesser der Treibräder	1702 mm
„ „ Laufräder vorn 762, hinten	1143 „
„ „ Tenderräder	838 „
Fester Achsstand	5334 „
Achsstand der Kuppelachsen	9347 „
Ganzer Achsstand der Lokomotive	15951 „
Ganzer Achsstand der Lokomotive einschl. Tender	27902 mm
Reibungsgewicht G_1	161,0 t
Achsdruck des Drehgestells	36,2 „
„ der Schleppachse	27,2 „
Dienstgewicht der Lokomotive G	224,4 „
„ des Tenders	130,0 „
Vorrat an Wasser	56,5 m³
„ „ Brennstoff	19,0 t
H : R	72
H : G	3,5
H : G_1	4,8

(Railw. Age 1926, 1 Halbj., Nr. 24.) R. D.

---

2 D 1 - h 2 Schnellzuglokomotive der Madrid-Zaragossa-Alicante Bahn.

Die Madrid-Zaragossa-Alicante Bahn hat 1920 eine 2 D - h 2 Lokomotive in engster Anlehnung an ihre 1914 von der Hanomag gebaute 2 D - h 4 v - Lokomotive beschafft*). Um die Kesselleistung noch weiter steigern zu können, hat die Bahn aus der genannten Zwillingslokomotive jetzt eine 2 D 1 - Lokomotive entwickelt. Eine Vergröfserung des Kessels ohne Hinzufügen der Schleppachse war nicht möglich, weil der Achsdruck nicht über 16 t erhöht werden konnte. Die neue Bauart ist von der Firma La Maquiniste in Barcelona entworfen worden. Die erste Lokomotive ist im Juni 1925 fertiggestellt worden; gegenwärtig sind schon 25 im Dienst, 40 weitere sollen demnächst vergeben werden.



2 D 1 - h 2 Schnellzuglokomotive der Madrid-Zaragossa-Alicante Bahn.

Die in der Textabbildung dargestellte Lokomotive lehnt sich im wesentlichen an die verschiedenen in Spanien laufenden 2 D-Lokomotiven deutscher Herkunft an. Der Kessel hat jedoch Trapezfeuerbüchse und die Schleppachse ist als Bisselachse amerikanischer Bauart durchgebildet. Die Hauptabmessungen sind:

Kesselüberdruck p	12 at
Zylinderdurchmesser d	620 mm
Kolbenhub h	710 „
Kesseldurchmesser, innen	1800 „
Kesselmitte über Schienenoberkante	3050 „
Heizrohre: Anzahl	164 Stck.
„ Durchmesser	45/45 mm
Rauchrohre: Anzahl	34 Stck.
„ Durchmesser	125/133 mm
Rohrlänge	5790 „
Heizfläche der Feuerbüchse	19,2 m²
„ „ Rohre	211,6 „
„ des Überhitzers	90,0 „
„ — im Ganzen — H	320,8 „
Rostfläche R	5,0 „
Durchmesser der Treibräder	1750 mm
„ „ Laufräder vorn 975, hinten	1150 „
Durchmesser der Tenderräder	975 „
Ganzer Achsstand der Lokomotive	15085 „
„ „ „ „ (einschl. Tender)	20010 „
Reibungsgewicht G_1	64,0 t
Dienstgewicht der Lokomotive G	103,0 „
Leergewicht „ „	92,5 „
Dienstgewicht des Tenders	56,0 „
Leergewicht „ „	25,0 „
Anzahl der Achsen	4 Stck.
Vorrat an Wasser	25 m³

*) Organ 1925, S. 413 und 1923, S. 231.

Vorrat an Brennstoff	6 t
Verhältnis H : R =	64
„ H : G =	3,1 m²/t
„ H : G₁ =	5,0 „

(Rev. Gén. d. Ch. d. f. 1926, 2. Halbj., Nr 2.) R. D.

2 D 1 - h 3 Lokomotiven für schweren Personenzugdienst der Denver und Rio Grande Western Bahn.

Zehn derartige Lokomotiven wurden von Baldwin als erste Drillingslokomotiven geliefert. Sie sind bemerkenswert, weil die Baufirma dabei besonderen Wert auf möglichst leichte Durchbildung aller Teile, vor allem des Triebwerks, gelegt und damit die sonstige Gepflogenheit des amerikanischen Lokomotivbaues verlassen hat.

Jeder der drei Zylinder ist für sich gegossen. Die Aufsenzylinder treiben die dritte, der mittlere Zylinder die zweite Kuppelachse an. Die Steuerung für diesen Zylinder wird ähnlich wie bei der P 4619 Lokomotive der Reichsbahn von der rechten Aufsenkurbel abgeleitet und nach innen übertragen. Die erste Kuppelachse ist seitenverschiebbar. Der Kessel ist ungewöhnlich grofs, weist aber keine Besonderheiten auf. Das Feuergewölbe ruht auf zwei Wasserkammern und drei Wasserrohren. Um die Schleppachse nicht allzu sehr belasten zu müssen, ist der Antrieb für den Rostbeschicker auf den Tender verlegt. Die eine Hälfte der Lokomotiven hat Einspritzvorwärmer von Worthington, die andere Oberflächenvorwärmer, Bauart Elesco erhalten.

Die Hauptabmessungen sind:

Kesselüberdruck p	14,8 at
Zylinderdurchmesser d	3×635 mm
Kolbenhub h	762 „
Kesseldurchmesser aufsen, gröfster	2642 „
Kesselmitte über Schienenoberkante	3251 „
Feuerbüchse: Länge × Weite	3204×2743 „
Länge der Verbrennungskammer	1524 „
Heizrohre: Anzahl	244 Stck.
„ Durchmesser	57 mm
Rauchrohre: Anzahl	64 Stck.
„ Durchmesser	140 mm
Rohrlänge	5944 „
Heizfläche der Feuerbüchse mit Verbrennungskammer und Wasserkammern	48 m²
Heizfläche der Rohre	426 „
Heizfläche des Überhitzers	138 „
Heizfläche — im ganzen — H	612 „
Rostfläche R	8,8 „
Durchmesser der Treibräder D	1702 mm
„ „ Laufräder vorn 914, hinten	1245 „
Fester Achsstand	3607 „
Achsstand der Kuppelachsen	5563 „
Ganzer Achsstand der Lokomotive	12649 „
Ganzer Achsstand der Lokomotive einschl. Tender	26340 mm
Reibungsgewicht G₁	132,0 t
Achsdruck des vorderen Drehgestells	30,8 „
„ der Schleppachse	27,6 „
Dienstgewicht der Lokomotive G	190,4 „
„ des Tenders	133,6 „
Vorrat an Wasser	56,5 m³
„ „ Brennstoff	22,6 t
H : R	69,5
H : G	3,2 m²/t
H : G₁	4,6 „

(Railw. Age 1926, 2. Halbj., Nr. 10.) R. D.

Sammler-Lokomotive mit benzol-elektrischer Hilfsmaschine.

Die Chicago und North Western Bahn hat neuerdings eine Sammler-Lokomotive in Dienst gestellt, die 100 t wiegt und in der Ebene einen Zug von 1360 t mit einer Geschwindigkeit von 16 km/h ziehen soll. Die Lokomotive wird z. Z. im Verschiebedienst verwendet und scheint sich hierfür recht gut zu eignen.

In der Regel gibt nur die Sammler-Batterie Kraft ab; sie ist so bemessen, dafs sie bei normaler Beanspruchung der Lokomotive für einen Tag ausreicht und dann bei Nacht wieder aufgeladen werden mufs Die Lokomotive kann damit für kürzere Zeit bis zu 1000 PS leisten. Die Hilfsmaschine soll nur bei länger andauernder, starker Belastung die Leistung steigern, sowie gegebenenfalls einen ununterbrochenen Dienst und ein Arbeiten abseits von der Ladestation ermöglichen. Während der beim Verschiebedienst häufigen Ruhepausen oder bei schwächerer Belastung wird in diesem Fall der Sammler mit ihr aufgeladen.

Die Lokomotive ruht auf zwei zweiachsigen Drehgestellen mit Aufsenlagern. Jede Achse wird durch einen Motor mit einer Übersetzung von 66 : 16 angetrieben. Über den Drehgestellen sitzt an den beiden Endseiten der Lokomotive je die Hälfte der Sammler-Elemente, der Führerstand liegt dazwischen. In ihm ist die Benzolmaschine eingebaut, welche sechs Zylinder von 184 mm Durchmesser und 203 mm Hub besitzt und 1000 Umdrehungen in der Minute macht. Der Kühler liegt auf dem Dach des Führerstandes, ein Behälter für 570 l Benzol ist unter dem Fufsboden aufgehängt.

Die Gewichte und Hauptabmessungen der Lokomotive sind im folgenden zusammengestellt:

Dienstgewicht der Lokomotive	107,0 t
Gewicht des Sammlers	35,8 „
„ der Motoren	13,5 „
„ der Hilfsmaschine mit Stromerzeuger	3,6 „
Ganze Länge der Lokomotive	15850 mm
Ganzer Achsstand	11887 „
Achsstand eines Drehgestells	2438 „
Gröfste Geschwindigkeit	48 km/h

(Railw. Age 1926, 2. Halbj., Nr. 16.) R. D.

Buchbesprechungen.

W. Gehler, Erläuterungen mit Beispielen zu den Eisenbetonbestimmungen 1925. 3. Auflage. Berlin 1926. Verlag Wilhelm Ernst und Sohn. Preis geheftet 6,30 RM.

Das vorliegende Buch gehört zu einer Art von Erscheinungen, die im technischen Schrifttum nur in wenig Stücken vertreten. während sie in der Rechtswissenschaft sehr häufig sind. Gemeint sind dabei die Kommentare zu Gesetzen und Verordnungen, die es ermöglichen, in Zweifelsfällen bei der Handhabung bis auf den Willen des Gesetzgebers zurückzugehen oder die Auslegungen von mafsgebenden Berufungsstellen als Stütze zu suchen. Um es gleich auszusprechen: Das Gehlersche Buch kann als vorzüglich gelungenes Musterbeispiel eines technischen Kommentars bezeichnet werden.

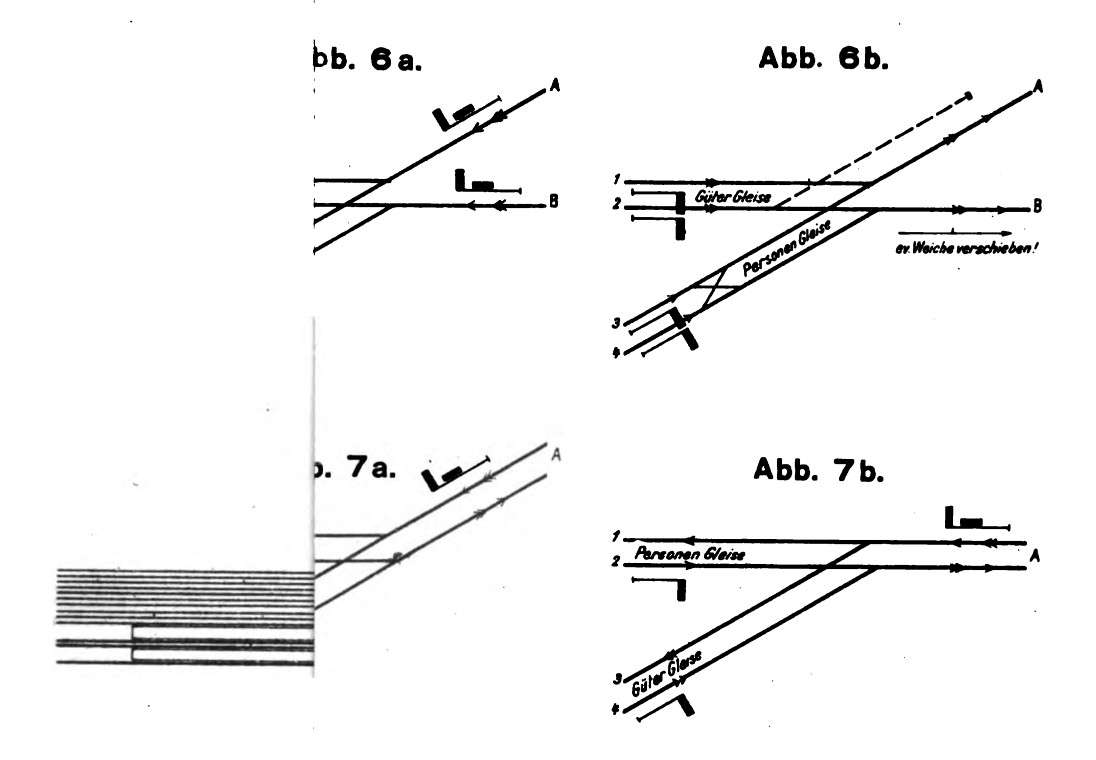
Schon die Behandlung einiger Rechtsbegriffe (Haftung des Unternehmers und des Bauleiters oder die „anerkannten Regeln der Baukunst") ist sehr überzeugend und für jeden Ingenieur lesenswert. Weiter ist in dem Abschnitte „Allgemeine Vorschriften" eine Fülle von praktischen Winken über die Art und Zusammensetzung der Baustoffe, über ihre Verarbeitung und Prüfung, über Schalungen und Probebelastungen gegeben, Winke, die das Buch zu einem unentbehrlichen Hilfsmittel des bauleitenden Eisenbetoningenieurs machen. Um nur eine Einzelheit zu erwähnen: auch ein Verzeichnis von amtlichen Prüfungsstellen für Baustoffe ist für Streitfälle nicht vergessen.

Der Abschnitt über die Konstruktionsgrundsätze und statische Berechnung besticht durch eine äufserst lichtvolle Darstellung älterer und neuerer Berechnungsweisen, die in den Bestimmungen von 1925 einen Niederschlag gefunden haben. Das Verständnis wird unterstützt durch zahlreiche, ausnehmend klare Skizzen. So werden neuere Begriffe wie Verdrillungsspannungen oder die letzten Ergebnisse über das Knickproblem dem ausübenden Ingenieur mühelos nahe gebracht. Auch wer nicht unmittelbar im Eisenbetonbau tätig ist, wird sich in dem Buche gern über neuere Fortschritte, wie über hochwertigen Zement oder über Pilzdecken u. dergl. unterrichten.

Alles in allem sind in dem Buche die Vorschriften, die in der praktischen Handhabung leicht zur Erstarrung neigen, durch die glückliche Verbindung mit der wissenschaftlichen Erläuterung in schönster Weise lebendig gemacht. Auf nur 200 Seiten eines Taschenformats ist ein umfassender Überblick über das ganze Gebiet des Eisenbetons gegeben. Die Ausstattung ist gut, höchstens wäre noch ein Sachverzeichnis als Zugabe zu wünschen.

Für jeden Bauingenieur, der mit dem Entwurf und der Ausführung von Eisenbetonbauten zu tun hat, ist das Buch geradezu unentbehrlich; aber auch für andere Ingenieure, die sich nur allgemein unterrichten wollen, wird das Buch eine reiche Quelle des Genusses und der Erkenntnis sein. Dr. Bl.

Für die Schriftleitung verantwortlich: Reichsbahnoberrat Dr. Ing. H. Uebelacker in Nürnberg. — C. W. Kreidel's Verlag in München.
Druck von Carl Ritter, G. m. b. H. in Wiesbaden.



Personen- und Güter-Ausfahr... ...-Einfahrgleise 1:200 a 800 m

Person... Ausfahrgleise

Abb. 1.

Abb. 2.

Abb. 8.

Zum Aufsatz :

...ie schienenfreien Gleisentwicklungen.

C. W. Kreidel's Verlag; München.

Lith. Anst. v. F. Wirtz, Darmstadt.

Abb. 1b.

Ausziehgleis Güterbahnhof

Abb. 1c.

Abb. 1d.

Personen-und Güterausfahrgleise

Personen-und Gütereinfahrgleise

Personen-und Gütereinfahrgleise

Personen- und Güterausfahrgleise

Abb. 2a.

Zum Aufsatz:
Über die schienenfreien
Gleisentwicklungen.

C. W. Kreidel's Verlag, München.

Lith. Anst. v. F. Wirtz, Darmstadt.

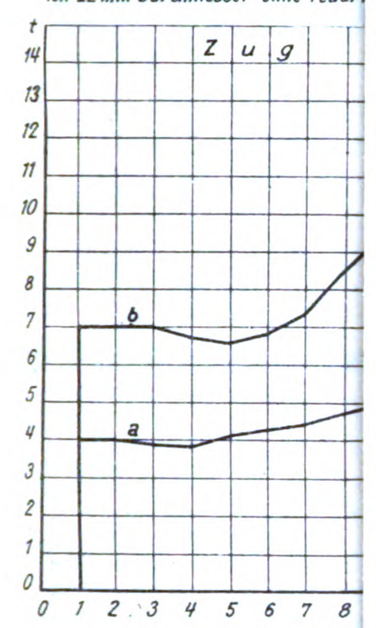
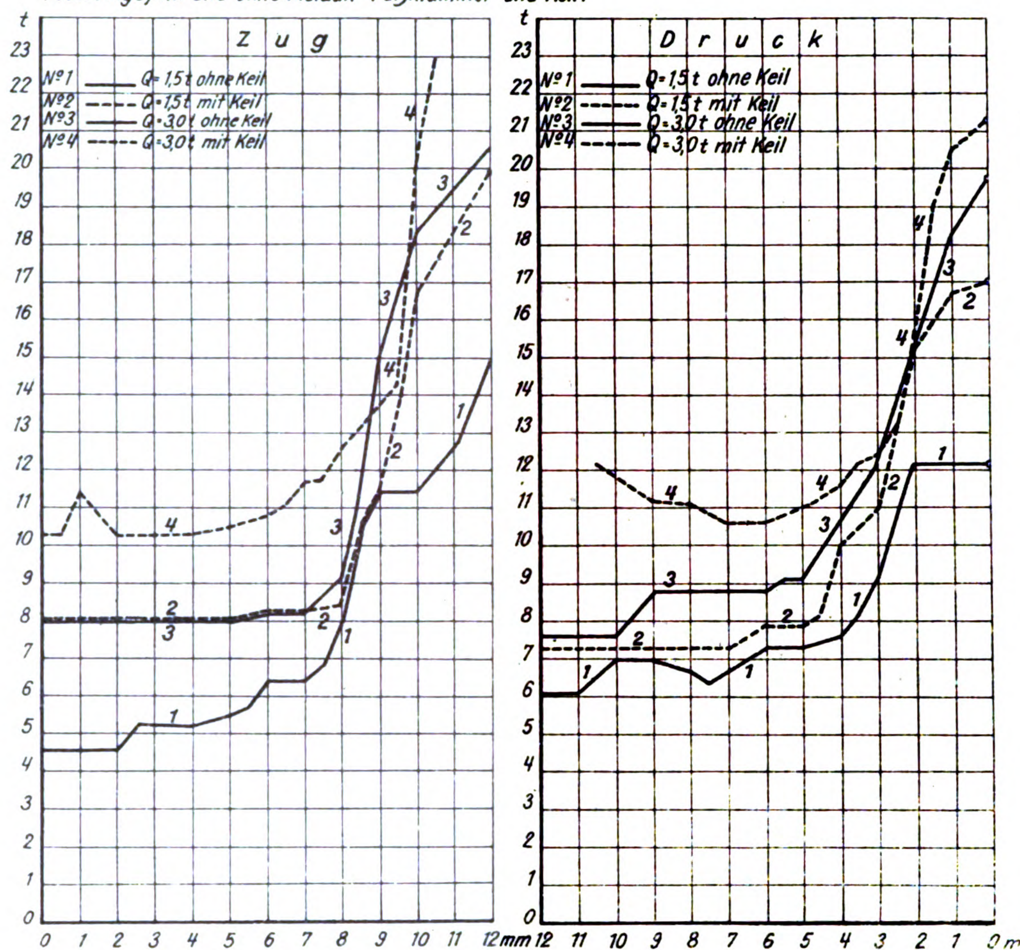
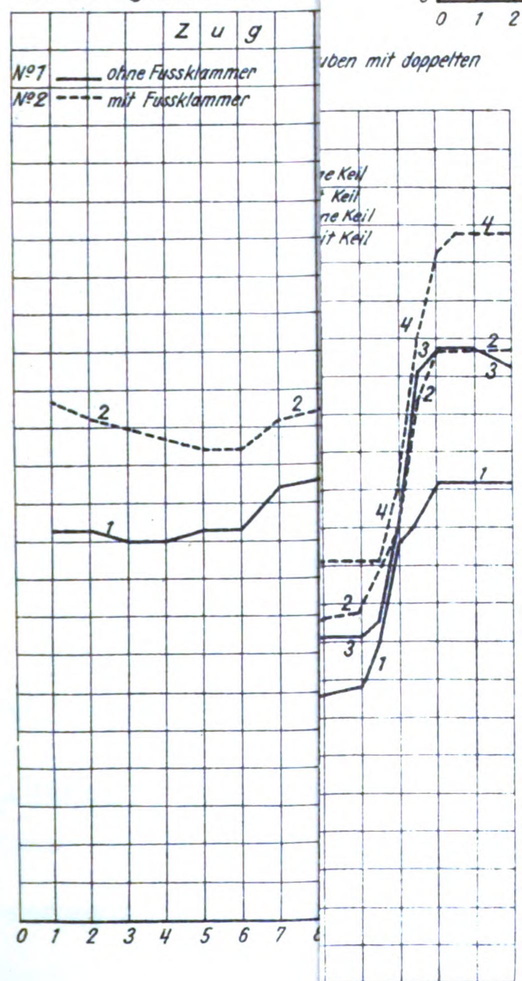


Abb. 4.





Zum Aufsatz:
Versuche über die Beweglichkeit der Schienenenden in Stoßverbindungen.

Lith. Anst. v. F. Wirtz, Darmstadt.

C. W. Kreidel's Verlag, München.

1927
82. Jahrgang.

Heft 6
30. März

ORGAN
FÜR DIE
FORTSCHRITTE DES EISENBAHNWESENS

TECHNISCHES FACHBLATT
DES VEREINS DEUTSCHER
EISENBAHNVERWALTUNGEN



HERAUSGEGEBEN VON
DR. ING. H. UEBELACKER
C. W. KREIDEL'S VERLAG · MÜNCHEN

BAHNBETRIEBSWERKE

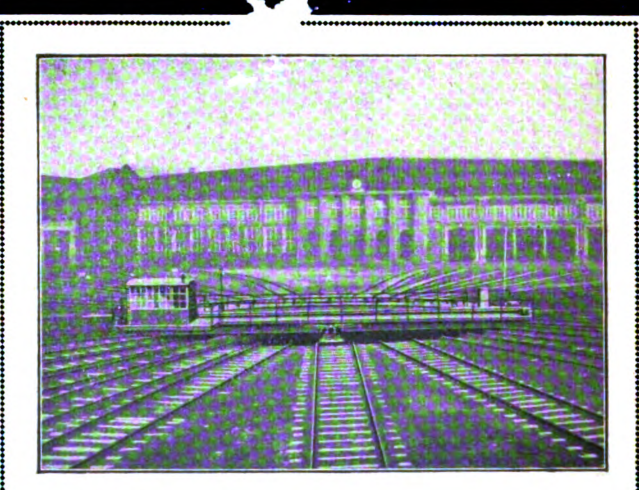
Inhalt:

Die neue Bekohlungsanlage des Bahnhofs Dillenburg. Borghaus. 89. — Taf. 14.
Neuartige Schmierung von Laufachslagern in Amerika. 93.
Das neue Eisenbahnbetriebswerk auf Güterbahnhof Erfurt. 94. — Taf. 15.
Verminderung der Anfressungen an Lokomotivkesseln bei amerikanischen Lokomotiven. 99.
Zeitaufnahmeverfahren in den Ausbesserungsstellen der Betriebs- und Betriebswagenwerke der Reichsbahndirektion Altona. Gellhorn. 100.
Versuche mit dem Anfeuern von Lokomotiven. Bethke. 105.
Ein neuzeitliches Betriebswerk einer amerikanischen Bahn. 113.
Rauchabzüge in Lokomotivschuppen. Fr. Zimmermann. 114.
Bogenläufige Achssenke. 117.
Eine neue Gaspreßpumpe. Klitzing. 118.
Über eine neue Anlage zur Absaugung von Rauchkammerlösche aus Lokomotiven. Vollmayr. 119.
Bemerkenswerte Bekohlungsanlage 120.





ORION
ORION
UNIVERSAL-
HOCHLEISTUNGS-SÄGEMASCHINE
Mit regulierbarem Vorschub des Sägeblattes durch Ölpreßpumpe
ORION
Konkurrenzlos in Schnittleistungen und Schonung der Sägeblätter
GORNIG & SEVERIN
MASCHINENFABRIK-DRESDEN-A.28



Organ für die Fortschritte des Eisenbahnwesens

Technisches Fachblatt des Vereins Deutscher Eisenbahn-Verwaltungen

Schriftleitung: **Dr. Ing. H. Uebelacker, Nürnberg,** unter Mitwirkung von **Dr. Ing. A. E. Bloss, Dresden.**

82. Jahrgang | **30. März 1927** | **Heft 6**

Die neue Bekohlungsanlage des Bahnhofs Dillenburg.

Von **Borghaus**, Direktor bei der Reichsbahn in Frankfurt a. M.

Hierzu Tafel 14.

Allgemeines.

Der Bahnhof Dillenburg liegt zwischen Siegen und Wetzlar auf der Strecke Herdecke—Frankfurt (Main), die aufser dem anfallenden Verkehr zusammen mit den Rheinstrecken die Kohlenabfuhr aus dem Ruhrgebiet, namentlich bei Störungen der Rheinstrecken, zu bewältigen hat. Er ist vorwiegend Verschiebebahnhof mit einseitiger Entwicklung und einer täglichen Leistung von 2300 Wagen (Abb. 1, Taf. 14). Für den durchgehenden Personenverkehr hat er zwei Bahnsteige, 2 und 3, für den Ortsverkehr nach Herborn und später nach Haiger—Gusternhain die Bahnsteige 1 und 5 und für den Verkehr der anschliefsenden Strecke nach Wallau und Strafsebersbach den Bahnsteig 4.

Da er zu den gröfsten und wichtigsten Bahnhöfen der Strecke gehört und damit ihre Leistung bedingt, mufs er stärksten Leistungen gewachsen sein. Aufser an sonstigen hier zu erörternden Mängeln krankte er aber hauptsächlich an der mangelhaften Verbindung des Lokomotivbahnhofs mit den Betriebsanlagen, an der veralteten Bauart und ungünstigen Lage der Bekohlungsanlage und an der unzweckmäfsigen Anordnung der Packwagengleise.

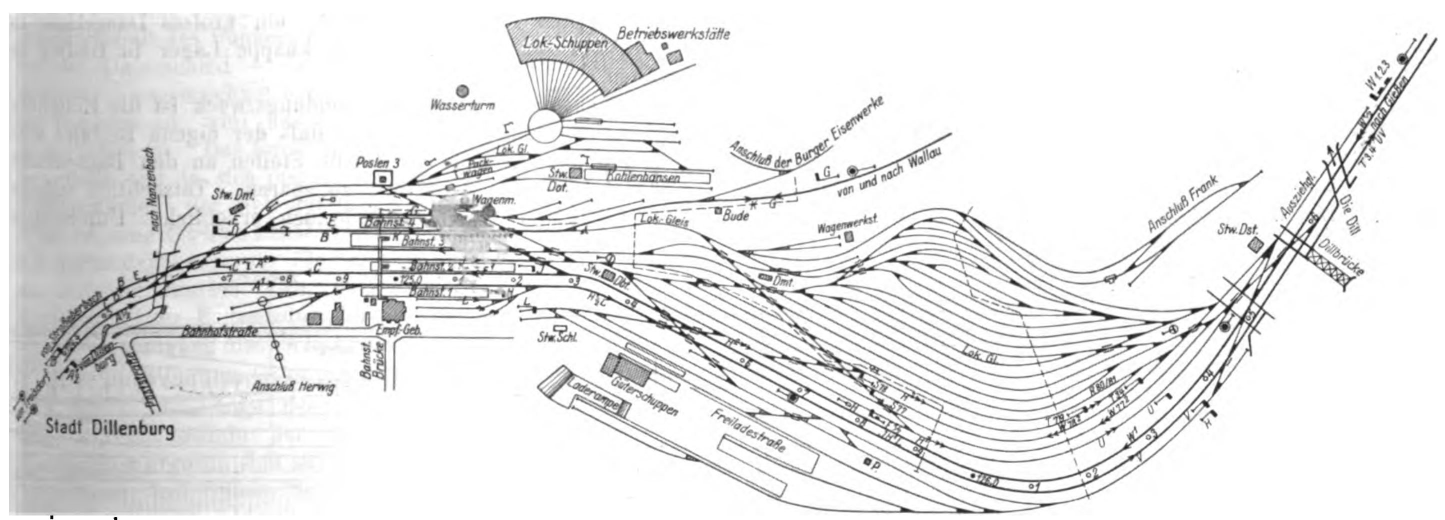


Abb. 1. Bahnhof Dillenburg. Alter Zustand.

Der Lokomotivverkehr ging (s. Textabb. 1) von der Drehscheibe über die zum Posten 3 führenden Gleise und weiter durch die Weichenstrafse, wobei die Ein- und Ausfahrten nach Wallau und Strafsebersbach und das als Ausziehgleis aus dem Verschiebebahnhof zwischen Bahnsteig 2 und 3 benutzte Gleis gekreuzt und in der Regel noch auf herauszuholende Packwagen vor den Packwagengleisen gewartet werden mufste. Bei der Rückfahrt auf demselben Wege kam noch das lange Stehen und Kopfmachen an der Bekohlungsanlage hinzu.

Das Zustellen und Abholen der Kohlen- und Schlackenwagen für die Bekohlungsanlage geschah auch über Posten III und wegen Platzmangels in drei Zeitabschnitten. Kleine Störungen im Betrieb übertrugen sich auf den Lokomotivverkehr und umgekehrt und steigerten sich, je mehr die Belastung des Bahnhofs und der Strecken zunahm. Der Bahnhof Dillenburg war das Schulbeispiel eines Stockungsherdes durch Hemmungen im Lokomotivverkehr.

Dieser für Betrieb und Wirtschaft äufserst ungünstige Zustand liefs sich nur beseitigen, wenn vom Südende des Bahnhofs besondere Lokomotivgleise zum Lokomotivbahnhof, eine Überführung der Strecke nach Wallau über diese Gleise und eine schnell arbeitende Bekohlungsanlage an einer günstigen Stelle geschaffen wurde (s. Abb. 1, Taf. 14).

Der Lokomotivverkehr beschränkte sich dann am Nordende nur auf die wenigen Personenzuglokomotiven, während er mit dem Südende ohne Störung des Betriebs durchgeführt werden konnte.

Um Platz für die Bekohlungsanlage und die zugehörigen Gleise zu schaffen, mufste das Gleis der Strecke nach Wallau nach Westen verschoben werden. Der an der Strecke gelegene Anschlufs Burger Eisenwerke liefs sich für das Aufstellen der Kohlen- und Schlackenwagen und den Anschlufs des Pfeilerbahngleises nutzbar machen dadurch, dafs die Anschlufsweiche nach km 1,0 verschoben wurde. Die Bedienung der Bekohlungsanlage konnte nunmehr mit der des Anschlusses zusammengelegt und ohne Beeinträchtigung des Bahnhofsbetriebes ausgeführt werden.

Aus diesem Zusammenhang und der Möglichkeit der Ausnutzung des natürlichen Geländeanstiegs ergab sich als günstigste Lösung für die Bekohlungsanlage (Textabb. 2 und 3): am Abhang des Berges neben dem Anschlufsgleis Burger Eisenwerk ein hochliegender Bansen mit Pfeilerbahn und Greiferkran, auf der anderen Seite des Bansens die tiefliegenden Lokomotivgleise, über ihnen ein Grofsraumbunker mit Wägeeinrichtung, unter den Lokomotivgleisen Schlackensümpfe, vor den Sümpfen Wasserkrane, hinter ihnen Löschegruben.

Die Oberkante des Bunkers kam hierbei ungefähr so hoch zu liegen wie die Bordkante der Kohlenwagen (s. Textabb. 2), wodurch für den Kohlenumschlag die geringste Förderleistung erreicht wurde.

Die Ausführung und die Abmessung der Anlage ergeben sich aus Textabb. 2 und 3. Sie ist für eine tägliche Kohlen-

ausgabe von 100 t entworfen, kann aber bei äufserster Ausnutzung des Krans etwa das Doppelte leisten.

Nach den zur Zeit der Ausführung der Anlage herrschenden Anschauungen war mit der baldigen Einführung von Selbstentladern in gröfserem Umfange zu rechnen. Sie wurde daher vorsorglich mit einer Pfeilerbahn ausgestattet unter der bestimmten Annahme, dafs alsbald in Giefsen, Friedberg und Frankfurt die gleichen Anlagen geschaffen würden, wodurch

Abb. 2.

die Dienstkohlenversorgung dieser Bahnhöfe zusammengefafst werden konnte. Dieser Gedanke ist in der letzten Zeit wieder aufgekommen.

Die Mitte der Pfeilerbahn ist gegen die Bansenmitte versetzt, damit der Kran in die Schlackensümpfe gelangen kann.

Der Abstand von Mitte Kohlenwagengleis ist um 50 cm kleiner als die Kranausladung, damit der Greifer bis an die äufsere Bordkante der Kohlenwagen reichen kann.

anlage, durch die Länge der Weiche des Umfahrungsgleises bedingt wird, näher an die Querachse des Bansens heranrücken und damit die Kranarbeit für das Verfahren der Kohle aufs äufserste einschränken.

Die Gleise 59 und 62 sind zur Aufstellung von Packwagen bestimmt, werden aber bei dem augenblicklichen Verkehr wenig benutzt, da die Packwagen im allgemeinen im Verschiebebahnhof bleiben.

Der Kran (Textabb. 4).

Der elektrisch betriebene, regelspurige Greiferkran (Lieferer Bamag-Meguin) hat 3 t Tragfähigkeit und 9 m Ausladung, einen 26 PS Hub-, 6 PS Dreh- und 9 PS Fahrmotor. Am Drehwerk ist bemerkenswert, dafs der Zahnkranz nicht mit dem Laufkranz fest auf dem Unterwagen sitzt, sondern unter Zwischenschaltung von Federn verbunden ist, die beim Anlaufen des Motors und umgekehrt beim Anhalten des Krans eine stofsfreie Kraftübertragung vermitteln.

Bansen und Pfeilerbahn.

Der Bansen fafst 5 500 t. Bei der Gröfsenbemessung war die Forderung des Betriebs mafsgebend, an der Einbruchstelle des Dienstkohlenverkehrs in den Frankfurter Bezirk, ein grofses Dauerlager zu haben und Aushilfe für das zu knappe Lager in Giefsen zu schaffen.

Entsprechend diesem Verwendungszweck ist die Einteilung der Lagerbestände so getroffen, dafs der eigene Bestand nahe dem Bunker und der für fremde Stellen an den Bansenenden gelagert wird, um Kranwege zu sparen. Tatsächlich steigern lange Kranwege den Stromverbrauch erheblich. Unterschiede

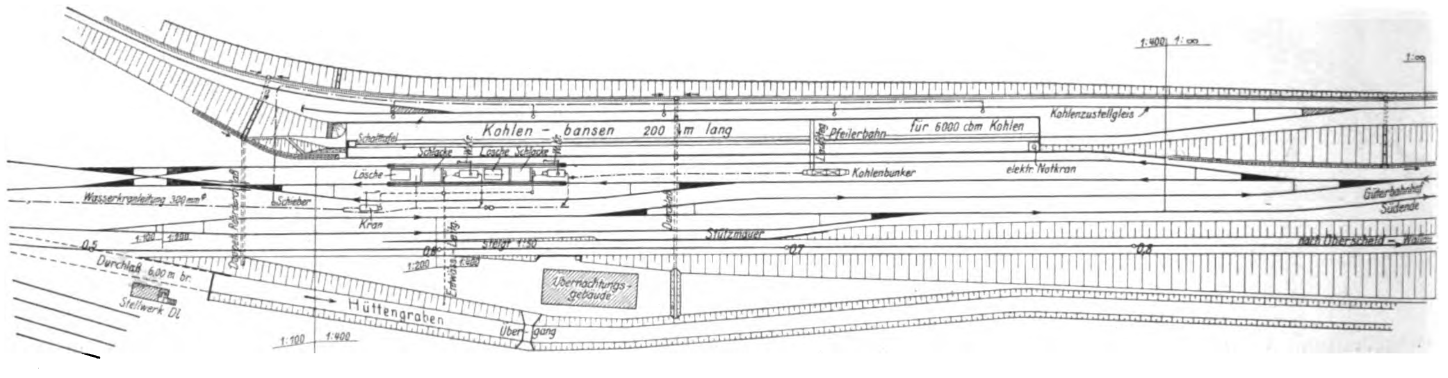


Abb. 3.

Abweichend von der Forderung, dafs zwischen den Lokomotivgleisen vor den Schlackensümpfen ein Weichenkreuz anzuordnen ist, damit die Lokomotiven nach der Bekohlung in jedes Ausschlaggleis und auch in das Umfahrungsgleis gelangen können, ist in Anbetracht der doppelten Möglichkeit der Lokomotivbehandlung auf den beiden Lokomotivgleisen und der schnellen Abfertigung, sowohl beim Bekohlen, als auch beim Ausschlacken und Wassernehmen von einem Weichenkreuz abgesehen und das Umfahrungsgleis hinter dem Kohlenbunker nur an das äufsere Lokomotivgleis 64 angeschlossen. Es hat sich gezeigt, dafs die 70 zu behandelnden eigenen und fremden Lokomotiven, die zeitweise in Reihen bis zu acht kommen, glatt bewältigt und mit drei Sümpfen etwa doppelt soviel übernommen werden können. Abgesehen von der Vereinfachung und Verbilligung der Weichenanlage, läfst sich der Bunker, dessen Standort, ausgehend vom Ende der Ausschlack-

in der Förderhöhe unerheblich. Bei Förderung aus dem Bansenende 1,2 m unter S. O., 115 m weit vom Bunker, ist der Stromverbrauch 0,5 kWst/t., aus einer unmittelbar dem Bunker gegenüberliegenden Stelle 0,3 kW/Std., aus einem dem Bunker gegenüberstehenden Wagen 0,25 kW/Std., so dafs die Förderung aus dem tiefliegenden Bansen gegenüber der aus dem hochstehenden Wagen nur einen Unterschied von 0,05 kW/Std., dagegen aus dem Bansenende 0,2 kW/Std. ausmacht.

Der Bansen und die Pfeilerbahn sind aus bewehrtem Grobmörtel hergestellt. Die Pfeilerbahn ist berechnet für 25 t Achsdruck. Die bauliche Anordnung ergibt sich aus Abb. 2 und 3, Taf. 14. Die Pfeilerbahn hat innen einen Laufsteg, in dem auch hinter einer Schutzwand die elektrische Stromführung für den Kran liegt. Der Durchmesser der 220 V Drehstromleitungen beträgt 8 mm. Entlang dem Kohlenwagengleis liegt eine Wasserleitung von 40 mm Durchmesser mit

fünf Hydranten, von der auch eine Abzweigung zum Bunker führt, zum Berieseln der Kohlen.

Am Südende des Bansens ist eine Aushilfskohlenbühne mit Handkran für den Fall des Versagens des elektrischen Stromes eingerichtet.

Der Kohlenbunker (Textabb. 5 und 6).

Er fafst 40 t, den Nachtbedarf. Neu ist, dafs er zwei Abteile, eins für Kohlen vorn von 25 t Inhalt und eins für Brikette hinten von 15 t Inhalt, hat, jedes mit Schüttrinnen nach beiden Lokomotivgleisen.

Die Einrichtung für die Ausgabe von Briketten bot dem Lieferer, Maschinenfabrik Nagel in Karlsruhe, zunächst Schwierigkeiten. Auf Grund eingehender Versuche ist ihr durch zweckentsprechende Anordnung der Rutschflächen im Bunker die Lösung gut gelungen. Die Lokomotiven nehmen aus der vorderen Schüttrinne Kohlen und aus der hinteren Brikette. Aus jedem Abteil können natürlich auch Kohlen und Brikette gemischt entnommen werden. Wichtig ist das Mafs von Unterkante Schüttrinne bis S. O. und bis Gleis Mitte, das, wie aus Abb. 6, Taf. 14 zu ersehen ist, 3,945 m beträgt. Die Kohlen fallen hiermit auf die heute gebräuchlichen Tender richtig. Als Absperrorgan des Bunkers dient ein Rundschieber, der jeweils mit der Schüttrinne durch ein gemeinschaftliches Handkurbelgetriebe betätigt wird. Der Kohlenauslauf kann durch den Rundschieber vom Bunkerwärter so geregelt werden, dafs jede vom Lokomotivführer gewünschte Menge ausgegeben werden kann. Das entnommene Gewicht wird durch eine unter dem Bunker liegende Wage (Abb. 5, Taf. 14) festgestellt, indem der gesamte Inhalt des Bunkers vor und nach der Ausgabe gewogen und der Unterschied — das an die Lokomotiven abgegebene Gewicht — ausgerechnet wird. Die Wage zeigt nur den Inhalt des Bunkers an, weil das Gewicht des Bunkergefäfses genau ausgeglichen ist. Das Bunkergefäfs ist aus Siemens-Martinblech hergestellt und in sich insgesamt vernietet. Es ruht auf einem U-Eisenrahmen, der sich auf das Hebelwerk der Wage stützt. Diese ist eine Schenksche Spezialgefäfswage mit Laufgewicht und Kartendruckapparat. Sie besitzt Kniehebelschnellentlastung mit Sicherheitskurbel. Am Ende des Wagebalkens ist eine Einrichtung zur Begrenzung des Ausschlages angebracht, die zur Beschleunigung des Wiegegeschäfts wesentlich beiträgt.

Die Bunkerstütze ist in ihren Hauptabmessungen der Länge nach durch die Länge des Bunkers, der Breite nach durch die Umgrenzungslinie der Bekohlungsgleise bestimmt. Die Eisenstärken ergeben sich aus der Bedingung, dafs die zulässigen Spannungen bei vollem und leerem Bunker und bei Sturm nicht überschritten werden. Die Blechstärke des Bunkergefäfses beträgt 8 mm.

Der Standsicherheit des Bunkers kommt sehr zustatten, dafs er durch eine zum Bansen geführte Brücke mit der Bansenwand kräftig verankert ist. Die Brücke ist bis zur Pfeilerbahn und weiter zum Kohlenwagengleis geführt. Da das Wiegehäuschen in Höhe der Brücke liegt, schafft sie den Vorteil, dafs der Kranwärter Kran und Bunker leicht bedienen und auch zu den Kohlenwagen gelangen kann. Vom Wiegehäuschen führt eine Treppe nach unten zu den Lokomotivgleisen.

Beim Entladen der Wagen steht der Kran dauernd dem Bunker gegenüber, zieht die leeren Wagen mit Hilfe des Greifers vor und holt die vollen heran.

Die Ausschlackanlage (Abb. 2 bis 4, Taf. 15).

Sie besteht aus zwei, mit einem Mittelabstand von 25 m angeordneten Schlackensümpfen mit vier Ausschlackstellen, an die sich nach beiden Seiten Laufgräben anschliefsen. Vor den Sümpfen steht je ein Wasserkran mit Gelenkausleger von 4 m³/Std.-Leistung, während hinter ihnen eine Löschgrube liegt, in die je nach der Stellung der Lokomotive während bzw. nach dem Ausschlacken die Lösche abgeworfen wird. Ein Wasserkran steht auch neben dem Umfahrgleis. Die unter

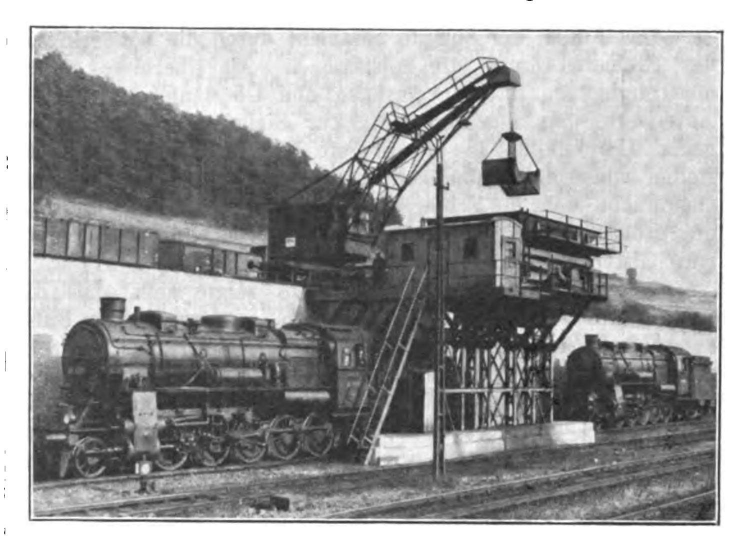


Abb. 4.

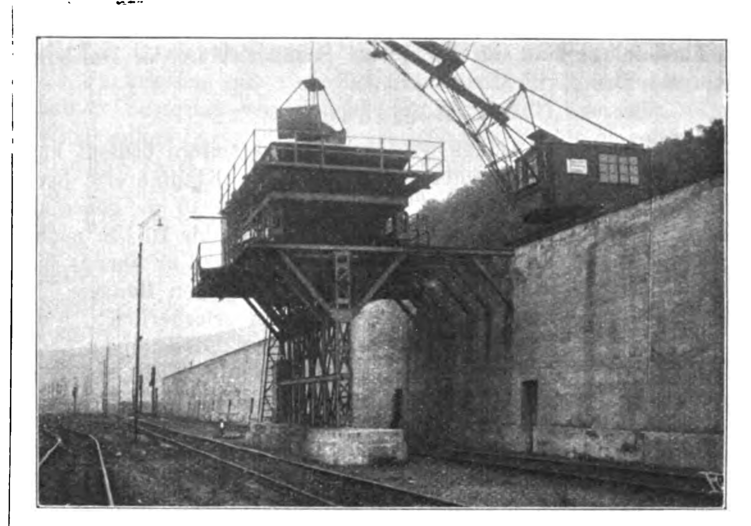


Abb. 5.

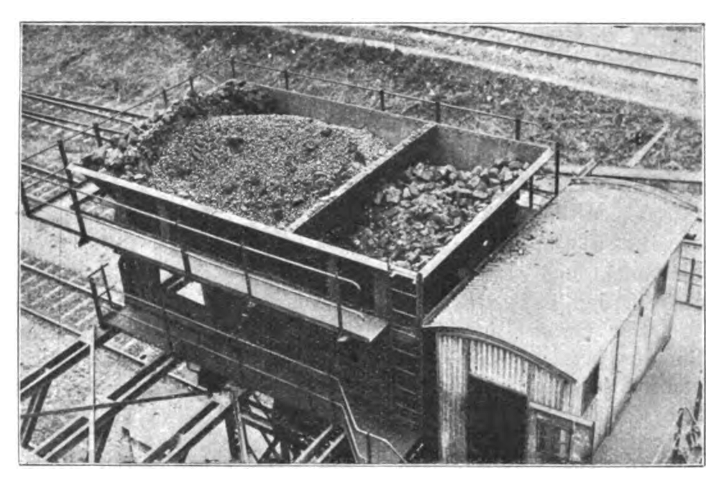


Abb. 6.

den Gleisen liegenden Wände und Träger sind aus bewehrtem Grobmörtel hergestellt und herunter bis zur Wasserlinie mit feuerfesten Klammersteinen der Biebricher Tonwerke verkleidet. An den Seitenwänden sind in 0,50 m Abstand Eisenschienen

eingebettet, die gleichzeitig gegen die Einwirkungen des Greifers Schutz bieten. Den gleichen Schutz geben auch die Schutzwinkel, mit denen die unter den Gleisen liegenden Wände und Träger bewehrt sind.

Das Füllen der Sümpfe geschieht durch die Wasserkrane, das Entleeren durch die Auslässe A. Als Überläufe dienen die Durchgänge B. Die Auslässe und Überläufe sind an die Abwasserleitung angeschlossen. Zur Sicherung der Personen gegen Hereinfallen in die Sümpfe sind an den Ausschlackstellen über den Öffnungen Gitter mit so grofsen Spalten angebracht, dafs die Schlacken hindurchfallen können, während die grofsen Öffnungen zwischen den Gleisen durch verschiebbare Gitter abgedeckt sind.

Bei Inbetriebnahme der Sümpfe zeigte sich, dafs die Schlacken nicht bis zur Mitte rutschten, sondern sich am Fufse der Seitenflächen aufstauten. Von dort mufsten sie mit Kratzern zur Mitte geschoben werden, damit sie der Greifer fassen konnte. Um sie zur Mitte hinzuleiten, sind nachträglich Rutschen, wie aus Abb. 4, Taf. 14 ersichtlich, eingebaut worden. Beim Entleeren eines Sumpfes wird das bewegliche Ende a der Rutschen in die punktierte Stellung gelegt. Die Anordnung hat sich gut bewährt.

Für die Sandbearbeitung und Sandausgabe sollen später die Sandtrockenanlagen und der Sandbunker nach Abb. 7, Taf. 14 ausgeführt werden. Der Bansen mit Pfeilerbahn und die Ausschlackanlage sind von der Firma Schäffer & Co. in Duisburg hergestellt.

Bedienung.

Die gesamte Anlage wird von acht Arbeitern bedient und zwar von sechs Ausschlackern und zwei Kranführern bzw. Kohlenladern. Letztere bedienen den Greiferkran und geben an dem Bunker in der Zeit von 6 Uhr vormittags bis 10 Uhr nachmittags die Kohlen aus. Zur Nachtzeit von 10 Uhr abends bis 6 Uhr vormittags bedienen die Ausschlacker den Bunker.

Bei der früheren alten Anlage waren erforderlich:

12 Kohlenlader zum Bekohlen der Lokomotiven,
1 Kohlenlader zum Abladen der Kohlen aus den Wagen in das Lager,
9 Ausschlacker,
4 Aschelader
26.

An Tagewerken wurden demnach bei der alten Anlage jährlich: 26 . 26 . 12 = 8112 Tagewerke verbraucht, während bei der neuen Anlage nur 8 . 26 . 12 = 2496 Tagewerke aufgewendet werden.

Bei einem Geldbetrag von 5 ℳ für ein Tagewerk und einem Zuschlag von 40 % für allgemeine Kosten belaufen sich die Personalkosten für ein Jahr wie folgt:

a) 8112 . 5 . 1,4 für die alte Anlage .	56 784 ℳ
b) 2496 . 5 . 1,4 für die neue Anlage .	17 472 »
Mithin jährliche Ersparnis	39 312 ℳ

Es werden werktäglich insgesamt rund 35 kWh Strom verbraucht und zwar für das Entladen der Wagen in den Bansen oder in den Bunker und das Entleeren der Schlackensümpfe.

Der Stromverbrauch für 1 t Kohlen beim Beladen des Bunkers beträgt 0,25 bis 0,30 kWh. Der Greifer fafst 1,25 t und hat eine Fördergeschwindigkeit von 0,5 m in der Sekunde. Zur Entladung eines 20 t Wagens werden etwa 30 Minuten gebraucht.

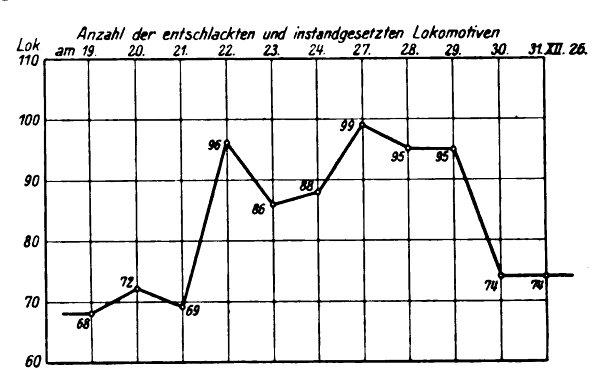
Die Dienstabschlufszeiten der Lokomotiven betrugen bei der alten Anlage durchschnittlich eine Stunde und sind bei der neuen Anlage auf 40 Min. heruntergesetzt worden. Das Bekohlen einer Lokomotive erfolgt durchschnittlich mit allen zugehörigen Arbeiten — wie Eintrag ins Leistungsbuch und Hilfsausgangsbuch — in fünf bis sechs Minuten.

Das Lokomotivpersonal ist mit der gesamten Anlage sehr zufrieden, da alle Arbeitsvorgänge schnell vorangehen.

Die Kohlen werden beim Bunker durch eine besondere Gefäfswage genau abgewogen, so dafs beim Überschreiten der Darfverbrauchsätze die Lokomotivführer auch für den Mehrverbrauch der Kohlen verantwortlich gemacht werden können. Aufserdem hat das Lokomotivpersonal die Gewifsheit, dafs es auch die verbrauchte Menge Kohlen nach dem wirklichen Gewicht erhalten hat, was früher bei den Kohlenkippwagen und leichten Kohlen nicht immer der Fall war.

Die sechs Ausschlacker und zwei Kohlenlader arbeiten im Gedinge und bilden eine Verdienstgemeinschaft. In den Pausen und bei den einzelnen Arbeitsvorgängen, wie Entladen der Kohlenwagen, Entleeren der Schlackensümpfe usw. haben sie sich gegenseitig Hilfe zu leisten.

Besonders zu erwähnen ist noch, dafs die Verstaubung der Lokomotive und die Staubbelästigung des Personals ganz beseitigt ist.



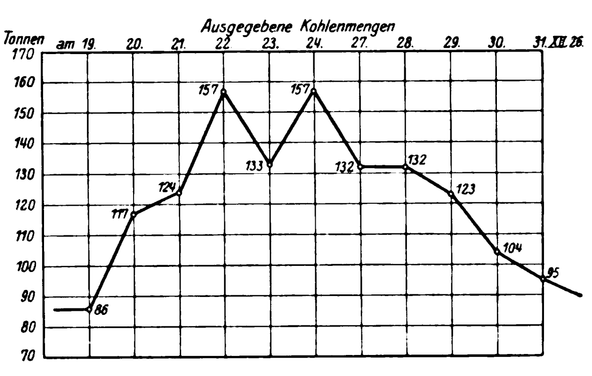


Abb. 7. Aufzeichnungen über die Leistungen der Bekohlungsanlage. In der Zeit vom 22. bis 30. Dezember 1926 mufsten 2 Ausschlacker und 1 Kohlenlader mehr eingesetzt werden.

Vom 19. bis 31. 12. 26 fanden grofse Leerwagenbewegungen von Süddeutschland nach dem Ruhrgebiet über die Ruhr-Siegstrecke statt, wobei der Bahnhof Dillenburg sehr stark beansprucht war. Über die Leistungen der Bekohlungsanlage sind in dieser Zeit Aufzeichnungen gemacht worden, die in den Schaulinien, Textabb. 7, dargestellt sind. Es hat sich gezeigt, dafs noch weit höhere Leistungen erreicht werden können, was auch daraus hervorgeht, dafs noch 45 Kohlenwagen, die über den Bedarf hinaus zugestellt wurden, ohne Schwierigkeit entladen worden sind.

Im Bahnhofbetrieb ist durch den mit der Anlage geschaffenen glatten Lokomotivverkehr die erwartete Erleichterung und Verbilligung eingetreten, die sich bei starker Belastung sehr günstig auswirkt.

Durch die erzielten Betriebskostenersparnisse werden die Baukosten in vier bis fünf Jahren wiedereingebracht. Die Herstellung der Anlage wurde begünstigt durch die Zeit der Geldentwertung und durch die tätige Mitarbeit des bauleitenden Dezernenten Reichsbahnoberrat Endres und des Vorstandes der Bauabteilung Reichsbahnrat Heinzemann.

Weiterentwicklung der Bekohlungsanlage.

An Hand der beim Bau und Betrieb gewonnenen Erfahrungen.

Der Kranbau liefert heute regelspurige Greiferkrane von 3 t Tragfähigkeit mit 12 m Ausladung. Die gröfsere Ausladung führt zu einem breiteren und kürzeren Bansen und damit zu einer Verkürzung der Pfeilerbahn, so dafs geringere Kosten entstehen. Die Pfeilerbahn eines Bansens von 3000 t Inhalt wird bei entsprechender Breite nur 65 m lang. Hiermit entscheidet sich auch ohne weiteres die Frage, ob ein fester oder fahrbarer Bunker vorzusehen ist. Infolge der kurzen Kranwege lohnen sich die höheren Anlagekosten von 15 bis 20000 *M* nicht mehr, zumal die Vorteile selbst bei längeren Bansen in geringem Mafse nur beim Fassen der Bestände aus den Bansenenden in die Erscheinung treten, was jedoch verhältnismäfsig selten und bei einer täglichen Ausgabe von 100 t nur bei rund 30 Tagesausgaben geschieht. Wenn die Verwendung von Selbstentladern erst später in Aussicht steht, kann an Stelle der Pfeilerbahn zunächst eine Schneise im Kohlenbansen angelegt werden, in die dann später die Pfeilerbahn gesetzt wird. Es entstehen dann nur die Kosten für die Schneisenwände.

Die Rampe zur Pfeilerbahn kann man sparen und die Kosten der Pfeilerbahn verringern, wenn man im Bansen beiderseits des Krangleises Gruben, die nur eine einmalige Selbstentladelieferung aufnehmen und fortlaufend entleert werden, anlegt und die Pfeilerbahn, die nur so lang zu sein braucht wie die Grube, in S. O. bringt (s. Abb. 8, Taf. 14). Um den Vorteil kurzer Kranwege auszunutzen, legt man die Gruben dem Bunker gegenüber, die Lagerbestände an ihre Flügel. Die Stromzuführung für den Kran mufs entweder zwischen den Schienen, die dann ein Fundament aus bewehrtem Grobmörtel erhalten müssen, oder seitlich an der Schneisenwand und in der Lücke über der Grube, wo die Wand fortfallen mufs, an einem die Lücke überbrückenden Träger angeordnet werden. Ob die Pfeilerbahn hoch oder in S. O. anzulegen ist, wird in jedem Falle auf Grund einer genauen Kostenermittlung entschieden werden müssen. Für den Betrieb wird es immer am vorteilhaftesten sein, wenn die Pfeilerbahn in S. O. liegt.

Die viel verbreitete Ansicht, dafs die Verwendung von Selbstentladern schon wegen des hohen Stromverbrauchs durch das Fördern aus den tief liegenden Gruben unwirtschaftlich sei, ist durch die auf Seite 90 gemachten Angaben über den geringen Unterschied im Stromverbrauch bei verschiedenen Förderhöhen widerlegt. Die Wirtschaftlichkeit des Betriebes mit Selbstentladern ist lediglich zu entscheiden durch den Vergleich der Kapital- und Betriebskosten der erforderlichen Wagen, zuzüglich der Kosten für die Neuanlagen. Bei Betrieb mit O-Wagen mufs aufser den in der Bekohlungsanlage stehenden jedesmal eine Reihe von Wagen unterwegs sein, die die gleiche Menge wie der geschlossen laufende Selbstentladerzug heranzuschaffen haben. Sind z. B. vom Kohlengebiet K aus drei Bekohlungsanlagen A, B, C, deren Verbrauch und Entfernung bekannt sind, zu versorgen, so kann man aus dem Lauf der Wagen genau feststellen, wie viel Wagen insgesamt erforderlich sind und im Vergleich dazu für Selbstentlader einen Kurs aufzustellen, aus dem sich auch die erforderliche Wagenzahl ergibt. Damit kennt man für beide Fälle die Kapitalkosten, zu denen beim Betrieb mit Selbstentladern noch die Kapitalkosten für die örtlichen Anlagen kommen. Die Betriebskosten ergeben sich in beiden Fällen aus den erforderlichen Achskilometern. Die Betriebskosten der örtlichen Anlagen heben sich, da sie nahezu gleich sind, auf. Die Gesamtkosten lassen sich daher für beide Betriebe ziemlich genau ermitteln.

Von einer Verladebrücke ist für Anlagen mittleren Umfangs der hohen Anlage- und Betriebskosten wegen ganz abzuraten. Lange Ausschlackgruben sollte man, trotzdem sie den Vorteil grofser Aufnahmefähigkeit haben, nur in Ausnahmefällen zulassen. Bei der Beschaffung des Kohlenbunkers mufs auf eine sorgfältige statische Berechnung, auf gute, fachmännische Herstellung und namentlich auf ausreichende Blechstärke der dem Verschleifs stark ausgesetzten Bunkerwände besonderer Wert gelegt werden.

Gegen falsche Wägungen bei der Kohlenausgabe (unrichtige Gewichtsabdrücke) kann man sich sichern, wenn man die Bunkerwage mit einer Sicherheitsdruckvorrichtung (Wiegebalken Securitas von Schenk in Darmstadt), versieht. Der Wiegebalken ist mit einem verschliefsbaren Kasten umgeben und so eingerichtet, dafs die Einsteckóffnung der Druckvorrichtung nur freigegeben werden kann, wenn sich der Wiegebalken in der Gleichgewichtslage befindet und die Laufgewichte richtig angestellt sind. Mit der Freigabe der Öffnung werden gleichzeitig die Laufgewichte festgestellt. Nach Lösung der Laufgewichte, die erst erfolgen kann, wenn die bedruckte Karte herausgenommen ist, wird die Einstecköffnung wieder verschlossen. Die Zugstange zwischen Wage und Wiegebalken ist verkleidet.

Um Schwarzfassen von Kohlen und Gewichtsverschleierung zu verhüten, mufs die Wage mit dem Bunkerverschlufs verblockt und der Blockverschlufs so getroffen werden, dafs die Lösung keinem Unbefugten möglich ist.

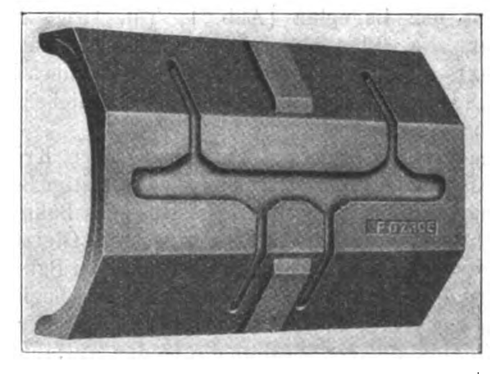
Reicht der Abstand der Lokomotivgleise aus, so ist das Wiegehaus in die Bunkerstütze zu legen und seine Sohle 0,5 m höher als die Sohle des Lokomotivführerstandes anzuordnen. Der Kohlenausgeber kann sich dann mit dem Lokomotivführer unmittelbar verständigen und auch den Tender gut überblicken.

Wegen des hohen Wertes der ausgegebenen Kohle ist eine genaue Gewichtsermittlung und Verrechnung von grofsem Nutzen. Die Vervollkommnung geeigneter Einrichtungen deren Mehrkosten sich alsbald bezahlt machen, mufs dauernd angestrebt werden.

Neuartige Schmierung von Laufachslagern in Amerika.

In Amerika macht die Schmierung der Laufachslager der Lokomotiven öfters Schwierigkeiten. Die führenden Laufräder haben in der Regel geringen Durchmesser und daher bei den schnellfahrenden Lokomotiven grofse Umlaufzahlen, die Schleppachsen sind meist aufserordentlich stark — mit über 30 t — belastet. Bei der bisherigen Ausführung der Lagerschalen wurde das Öl durch Bohrungen im Scheitel der Lagerschale dem Achsschenkel zugeführt; es sollte also gerade an der Stelle des gröfsten Flächendrucks austreten. Die Ölzufuhr wurde dadurch öfters unterbunden. Neuerdings werden nun die Ölzufuhrkanäle zunächst auf der Aufsenseite der Lagerschale seitlich herabgeführt und dann das Öl durch Bohrungen dem Achsschenkel an der Stelle zugeführt, wo eben das Lager zu tragen aufhört. Der geringe Flächendruck gestattet dort ein leichtes Austreten des Öles. Die Textabbildung zeigt die Ausführung, die sich gut bewähren soll. R. D.

(Railw. Age 1926, 2. Halbj., Nr. 22.)



Lagerschale mit aufsenliegenden Ölzufuhrkanälen.

Das neue Eisenbahnbetriebswerk auf Güterbahnhof Erfurt.

Von Regierungsbaurat a. D. **Riemann**, Erfurt.

Hierzu Tafel 15.

Im Zusammenhange mit einer grundlegenden Erweiterung des Verschiebebahnhofes Erfurt wird an dessen Ostende als Ersatz für die in der Nähe des Personenbahnhofes gelegene alte Anlage ein neues Eisenbahnbetriebswerk für den Güterzuglokomotivdienst errichtet. Bisher mufste der gröfste Teil der Maschinen im Freien abgestellt und unterhalten werden, was auf die Dauer unhaltbar ist.

Im Betriebswerk Erfurt sind 90 Güterzuglokomotiven stationiert; hiervon sind täglich durchschnittlich 42 Maschinen im Dienst. Ferner wird das Werk von 58 fremden Maschinen in Anspruch genommen; hiervon sind 43 kurzwendend.

Der Kohlenumschlag im Güterzugdienst beträgt 86 bis 100 t täglich.

Das Werk beschäftigt im Güterzugdienst 85 Lokomotivbesatzungen und 125 Köpfe für die Verwaltung, den Schuppendienst und die Ausbesserungswerkstatt.

Infolge der schlechten Wasserverhältnisse im Reichsbahndirektionsbezirk Erfurt setzen die Lokomotivkessel sehr schnell und stark Kesselstein an, so dafs jeder Kessel etwa alle zehn Tage ausgewaschen werden mufs, also täglich im Güterzugdienst durchschnittlich fünf Lokomotiven.

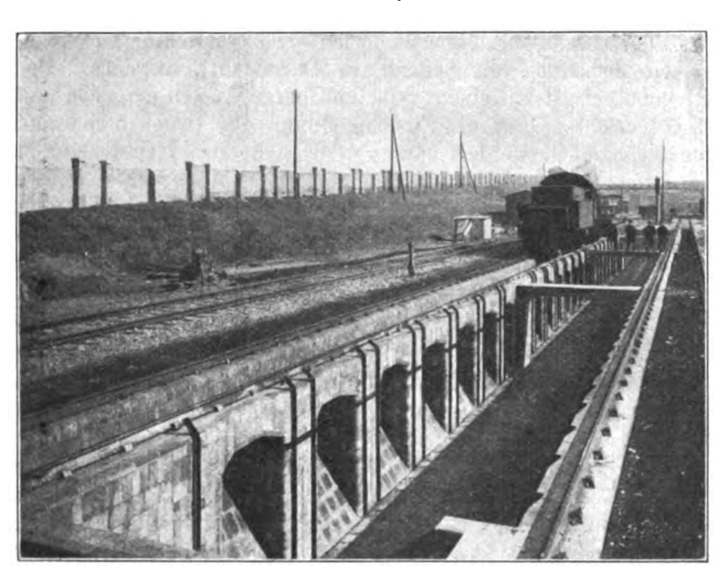


Abb. 1. Entfeuerungsgrube.

Für diese Belastung ist die Neuanlage entworfen, denn nach Fertigstellung des neuen Werkes soll das alte, in der Nähe des Personenbahnhofes gelegene, nur noch für den Personenzuglokomotivdienst benutzt werden.

Einen Überblick über die allgemeine Anordnung des neuen Werkes gibt der Lageplan (Abb. 1, Taf. 15). Mafsgebend hierfür war die Planung von Regierungsbaurat Dr. Ing. M. Osthoff (Zeitschrift des Vereins Deutscher Ingenieure, Jahrgang 1921, Nr. 44 und 46, über neuzeitliche Eisenbahnbetriebs- und Ausbesserungswerke).

Innerhalb des Werkes ist auf einen guten Kreislauf der ein- und ausfahrenden Lokomotiven ohne gegenseitige Behinderung Bedacht genommen. Das Verkehrsgleispaar des Bahnhofs erhält Linksbetrieb; es ergibt sich das aus der Gleisanlage des Betriebswerks und seiner Lage zu den anderen Bahnhofsteilen.

Die aus dem Dienst kommenden Maschinen beginnen ihren Lauf durch das Werk an dessen Westende. Auf der Nordseite liegt die Einfahrt, auf der Südseite die beiden Ausfahrten, östlich die für die Lokomotiven nach den Ost-, Süd- und Westrichtungen, westlich die für die Maschinen nach den Nordrichtungen.

Die baulichen Anlagen des neuen Werkes, die gröfstenteils fertiggestellt sind, zeigen eine Reihe bemerkenswerter Neuerungen. Die wichtigsten Bauten sollen im folgenden behandelt werden.

1. Die Abrüste- und Bekohlungsanlage.

Die Abrüste- und Bekohlungsanlage wurde zunächst für einen fahrbaren Greiferdrehkran mit 15,0 m langem Ausleger, 3,0 t Tragkraft und 3,0 m Spurweite entworfen und ausgeführt. Die Entfeuerungsgrube und die Gleisanlage wurden während des Inflationsjahres begonnen und im Jahre 1924 vollendet. Ebenso der Greiferkran selbst. Erst später entschlofs man sich, die eigentliche Bekohlungsanlage zu ändern. Der Greiferkran soll auf eine fahrbare Verladebrücke gestellt werden, die vier Kohlenbunker von je 30 t Inhalt trägt. Jeder Bunker ist mit einer Wage versehen. Die Lokomotiven entnehmen die Kohle aus den Bunkern, die vom Greiferkran gefüllt werden. Hierdurch soll die Nachtschicht für die Bedienung der Bekohlungseinrichtung erspart und eine verläfslichere Verwiegung der Kohle erreicht werden.

Die Umänderung der Bekohlungseinrichtung konnte bisher wegen Mangel an Mitteln noch nicht ausgeführt werden. Die Bekohlung erfolgt also zunächst in der ursprünglich vorgesehenen Weise mit dem Greiferkran allein. Ein Nachteil der zukünftigen Anlage besteht wohl darin, dafs bei der Bewegung der Kohle, namentlich beim Aufladen und Entladen des Bansens, sehr viel totes Gewicht (Greiferkran, Verladebrücke und Bunker mit Kohlen) mitbewegt werden mufs.

Auch die Bansenanlage und die Lokomotivbesandungsanlage ist noch nicht ausgeführt. Es soll deshalb nur auf die Entfeuerungsgrube näher eingegangen werden.

Sie ist in Textabb. 1 dargestellt.

Das Bauwerk ist in Beton und Eisenbeton ausgeführt und hat eine Gesamtlänge von 92,20 m; davon entfallen 80 m auf die eigentliche Entfeuerungsgrube und 12 m auf die westlich vorgelagerte Löschegrube. Ihre lichte Weite beträgt ebenso wie die des eigentlichen Schlackensumpfes 3,75 m. Längs des Sumpfes sind flache Seitengruben zum Schlackenziehen und zwar in verschiedenen Längen, in dem südlichen Gleis auf 40 m, in dem nördlichen auf 80 m, angelegt. Auf dem südlichen sollen die kurzwendenden Maschinen behandelt werden, auf dem nördlichen die zur Ruhe übergehenden.

Die Tiefe des Schlackensumpfes beträgt rund 3,0 m unter Schienenoberkante, die der Seitengruben 1,2 m. Die nach der Mittelgrube zu liegenden Schienen der beiden Gleise liegen auf die Länge der Seitengruben auf Eisenbetonpfeilerbahnen. Die Bemessung dieser Bahnen machte einige Schwierigkeiten, da sie hier erstmalig für den N-Lastenzug durchgeführt wurde. Durch die Ausführung in Eisenbeton unter starker Bewehrung der Stützen — der Träger wurde als über den Stützen durchlaufend und eingespannt berechnet — ist es trotz der hohen Lasten gelungen, die Trägerhöhen einschliefslich Ummantelung in der Mitte der Felder auf 50 cm zu beschränken und die lichte Höhe der Öffnungen nach der Tiefgrube zu auf 65 cm zu bringen. Hierauf kommt es besonders an, damit auch grofse Schlackenbrocken hindurch rutschen können. Über den Pfeilern sind die Träger 60 cm hoch. Die Lichtweite der Öffnungen beträgt rund 1,20 m, die Breite der Pfeiler rund 1,0 m.

In Abschnitten von 20 m Länge ist die Grube auf ihre ganze Breite durch Dehnungsfugen unterteilt, die auch die Gruppenpfeiler bis auf die Grundplatte durchschneiden; es entstehen hier also zwei Pfeilerhälften von je 75 cm Breite. Die Dehnungsfugen werden durch die Eisenbetonrahmen gedeckt, die alle 20 m zwischen den beiden Seitengruben Verbindungs-



brücken herstellen. Die lange Grube würde sonst den Querverkehr zu sehr erschweren.

Die Sohlen der Seitengruben sind nur schwach nach der Innengrube zu geneigt. Beim Bau der Grube konnte noch nicht mit der allgemeinen Einführung der Kipproste gerechnet werden. Die Rutschflächen von den Seitengruben in die Mittelgrube haben ein Gefäll von 2 : 1. Auch die Mittelgrube ist mit Längs- und Quergefäll versehen, damit sie entwässert werden kann.

Die Sohlen der Gruben und die Rutschen sind mit Schlackenpflastersteinen von der Gröfse $31 \times 31 \times 10$ cm befestigt. Diese Steine hatten sich bei ähnlichen Anlagen in Eisenach und Gerstungen gut bewährt.

Alle anderen Flächen mit Ausnahme der Wangen- und Trägeraufsichten sind mit Biebricher Schamottesteinen durchschnittlich 70 mm stark verkleidet.

Zu dieser Schamottebekleidung hat man sich auf Grund der Erfahrungen entschlossen, die an anderen Stellen und mit anderen Auskleidungen gemacht wurden. Beton- und Ziegelsteinmauerwerk, einerlei ob verputzt oder nicht, wird sehr bald durch die glühenden und auch säurehaltigen Schlacken zerstört. Ja selbst die festesten natürlichen Steine, Granit und Basaltlava, zerspringen in der Hitze. Auch bei Klinkern, gewöhnlichen wie Gasofenklinkern, werden anscheinend innere Spannungen ausgelöst, so dafs bald einzelne Köpfe abspringen. Neuerdings wird vielleicht in der Torkretierung der Wände noch ein geeigneter Wandschutz für Entfeuerungsgruben gefunden. In Nordamerika sollen hiermit recht gute Erfolge erzielt worden sein. In Deutschland müssen sie aber erst noch gesucht werden.

Mit der Schamotteauskleidung wird jedenfalls erreicht, dafs die Oberfläche des Bauwerks säurefest und hitzebeständig ist. Da ferner Schamotte die Wärme schlecht leitet, wird auch die eigentliche Betonkonstruktion vor den zerstörenden Einwirkungen der Hitze geschützt. Aufserdem ist die Oberfläche der Biebricher Schamottesteine ziemlich fest und glasig. Wenn also dafür gesorgt ist, dafs die Verbindung zwischen Verkleidung und Beton gut hält, dürfte die Schamotteverkleidung der beste Schutz sein, den es nach den bisherigen Erfahrungen für die Wände von Entfeuerungsgruben gibt.

Bei der Verkleidung bindet jede zweite Steinreihe durch stärkere Steine in die Betonkonstruktion ein. Im Beton müssen schwalbenschwanzförmige Nuten zum Einsetzen jener Schichten stärkerer Steine ausgespart werden. Das erfordert bei Herstellung der Betonschalung einige Mühe und Sorgfalt. Es empfiehlt sich, die Schalung stärker als sonst im Betonbau üblich, etwa 4 cm stark, anzuordnen und auch hobeln zu lassen. Die Nuten müssen durch Aufnageln von entsprechend starken Bohlen auf die Schalung ausgespart werden; die Bohlen sind wegen des Ausschalens von innen auf die Schalung zu nageln. Der eigentliche »Schwalbenschwanz« wird am einfachsten durch Gipsleistchen von dreieckigem Querschnitt, die seitlich auf jene Bohlen aufgenagelt werden, ausgespart. Nimmt man hierfür Holz, so platzen die vorspringenden Nasen des Betons beim Ausschalen ab. Die Gipsleistchen dagegen bleiben beim Ausschalen zunächst am Beton sitzen und können dann leicht entfernt werden, ohne die Nasen zu beschädigen. Die Leistchen lassen sich natürlich immer nur einmal verwenden. Ihre Herstellung macht aber geringe Mühe und Kosten und erspart viel Ärger bei und nach dem Ausschalen.

Auf die peinlich saubere Herstellung der schwalbenschwanzförmigen Vorsprünge im Beton mufs ganz besonders geachtet werden, denn sie bilden sozusagen das Rückgrat der Schamotteverkleidung. Wenn diese lediglich vor die Betonwand vorgemauert wird, kann sie natürlich nicht halten.

Die obere Kante der Wände der Tiefgrube mufs gut geschützt werden, damit sie nicht von dem Greifer zerschlagen wird. Auf Textabb. 1 ist zu sehen, dafs zu diesem Zwecke T-Eisen angebracht sind, die unten einfach in die Fugen des Plattenbelags eingesteckt und etwa in $^2/_3$ der Höhe durch um die Pfeiler gelegte Schellen oder durch eingemauerte Krallen gehalten werden. Diese Schrammeisen sind also leicht durch neue zu ersetzen.

Für die Befestigung der Schienen auf dem Bauwerk ist eine Schienenstuhlbefestigung gewählt worden. Auf Textabb. 1 sind die schweren Gufsstahlstühle zu erkennen, in denen die Schienen mit Keilen befestigt sind. Zwischen den Stühlen liegen die Schienen frei, belasten also die Betonoberfläche nicht. Die Stühle greifen mit breiten Backen rund 20 cm tief in den Beton ein; bei der Pfeilerbahn umfassen sie so einen Teil der oberen Eiseneinlagen.

Da um die Stühle herum sich keine Schamottebekleidung anbringen läfst, ist die oberste, rund 12 cm starke Schicht des Betons aus »Stahlbeton« ausgeführt, und zwar wurde diese Schicht sofort auf den frischen Beton aufgebracht, da sie sonst nach Erfahrungen an anderer Stelle mit dem Unterbeton keine haltbare Verbindung eingeht. Bei der Pfeilerbahn hat sich die Ausführungsweise bisher auch gut bewährt, bei den aus unbewehrtem Grobmörtel bestehenden Aufsenwangen dagegen nicht. Hier zeigen sich Risse, die von den Stühlen ausstrahlen. Es ist zu befürchten, dafs sich diese Risse unter dem Einflufs von Öl und Hitze schnell erweitern und dafs die Stühle sich dann lockern werden. Da sich diese Erscheinung bei der Pfeilerbahn nicht zeigt, mufs man annehmen, dafs hier bei Temperaturerhöhungen die Schiene und der Eisenbetonträger, da sie beide allseitig bestrahlt werden, sich gleichmäfsig längen, während dies bei den Wangenmauern, die ja aufsen in der Erde stecken, nicht der Fall ist. Durch die starren und festgerosteten Keilverbindungen mit den Gufsstahlstühlen überträgt sich die ganze Kraft der Wärmeausdehnung der Schiene auf die im Beton festsitzenden Stühle und lockert diese allmählich. Um die Reibung der Schienen in den Stühlen zu vermindern, wurden jetzt die Keilverbindungen mit Stauferfett geschmiert, doch bleibt der Erfolg abzuwarten.

In die Gruben hinein führen Treppen. Unter ihnen liegen Wasserkammern, an die die Entwässerungsleitungen der Grube angeschlossen sind. Nach dem Schlackensumpf zu sind die Kammern durch Filterkästen, die herausgenommen werden können und deshalb auf Rollen laufen, abgeschlossen. Jeder Kasten hat drei, aus verschieden grofs gelochten Blechen gebildete Abteile, die mit Kies verschiedener Körnung gefüllt sind. Die Filterkästen sollen verhüten, dafs Schlackenteilchen mit dem Abwasser in die Steinzeugrohrkanäle kommen und diese allmählich ausschleifen. In den beiden Revisionsschächten, in denen die beiden Stichkanäle an die Hauptleitung anschliefsen, ist aufserdem je ein grofser Sinkkasten angeordnet, der vom Greifer herausgehoben und entleert werden kann.

In diesen Schächten befindet sich auch je ein Rückstauschieber, um das Wasser in dem Schlackensumpf anstauen zu können. Der Schlackensumpf soll nämlich nur an frostfreien Tagen unter Wasser gesetzt werden, bei Frost soll die Schlacke abgebraust werden.

Wenn bei Frost nach dem nassen Verfahren gearbeitet wird, fafst der Greifer beim Verladen der Schlacke sehr viel Wasser mit und es vereisen die umliegenden Gleise und Anlagen so stark, dafs sie nicht mehr betriebsfähig sind und besonders frei gehalten werden müssen.

2. Der Lokomotivschuppen.

Textabb. 2 gibt einen Blick auf den neuen Lokomotivschuppen von Westen, Textabb. 3 einen Blick in das Innere und Abb. 2, Taf. 15 den Grundrifs und Längsschnitt.

Der Schuppen erhält nach seinem vollen Ausbau 57 Stände, darunter fünf Reparaturstände im Ostschiff und 28 Stände im Mittelschiff mit Einrichtungen zum Auswaschen.



Der eigentliche Hochbau ist vollkommen fertig. Der Ziegelrohbau ist mit einer freitragenden hölzernen Dachkonstruktion überdacht, bei deren Durchbildung nach Möglichkeit auf die neuen Grundzüge, die von dem Ausschufs für Lokomotivbehandlungsanlagen beim Eisenbahnzentralamt zur Zeit des Baues gerade aufgestellt wurden, Rücksicht genommen ist. Insbesondere entsprechen die Stellung und Ausmafse der Oberlichtaufbauten diesen Grundzügen.

Die hölzernen Binder ruhen aufser auf den Pfeilern der Aufsenmauern auf eisernen Säulen und auf einem in der Achse des mittleren Schornsteins liegenden Unterzug. Dieser wurde angeordnet, um hier in dem Auswaschschiff jede zweite Stütze fortlassen zu können. Der Unterzug trennt die Dachbinder in zwei Systeme. Jede Hälfte ist für sich ein Gerberträger. Die Kragträger liegen über den Schiebebühnenschiffen.

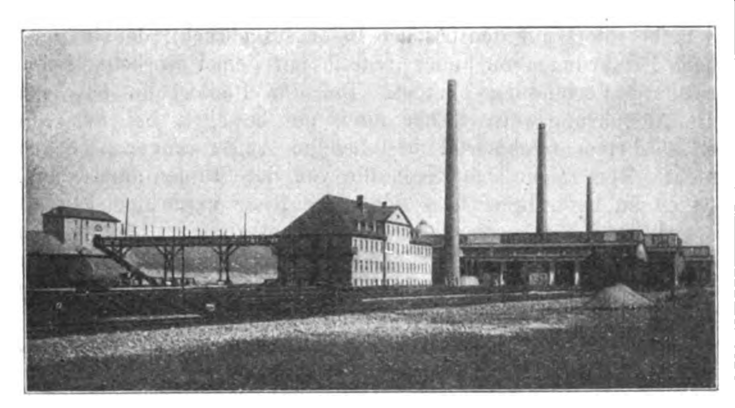


Abb. 2. Lokomotivschuppen von Westen gesehen.

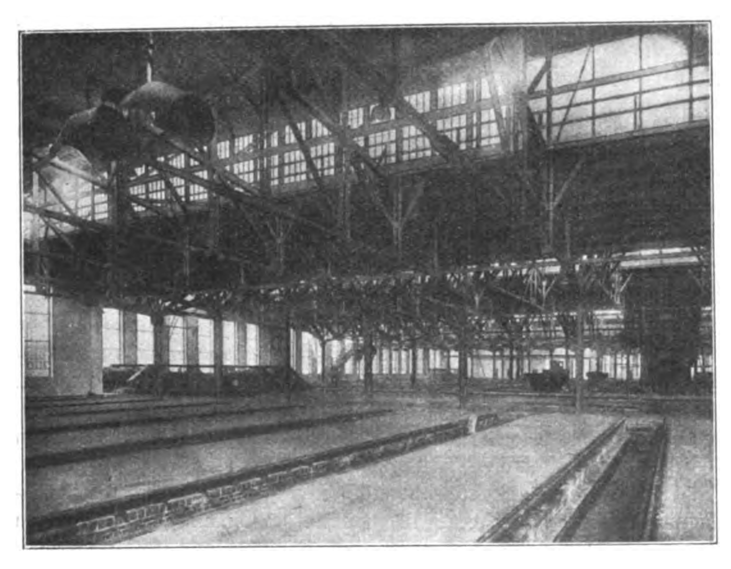


Abb. 3. Blick ins West- und Mittelschiff des Lokomotivschuppens.

Bei der Vergebung der Dachbauten war die Binderart vorgeschrieben worden; den sich am Wettbewerb beteiligenden Firmen war also lediglich die Ausbildung der Einzelheiten überlassen.

Textabb. 4 zeigt den eisernen Unterzug und die Aufstellung der Binder des Mittelschiffes, Textabb. 5 die Anordnung der Oberlichter. Längs der Fensterflächen laufen innen und aufsen Bohlengänge, die die Reinigung der Fenster erleichtern und aufsen besonders zum Schutz der Dachhaut dienen.

Die Eindeckung des Daches mufste im Winter vorgenommen werden. Diese ungünstige Zeit war mit ein Grund, weshalb für die Dacheindeckung ein teerfreies Pappdach und zwar »Ruberoid« gewählt wurde.

Da mit Schmiedeeisen und Zinkblech auf Dächern von Lokomotivschuppen schlechte Erfahrungen vorlagen, sind diese Stoffe möglichst vermieden worden. Die Rinnen und Abfallrohre bestehen aus Gufseisen, die Oberlichtfenster aus Holz mit kittloser Verglasung und ihre Beschläge aus Bronze. Für die wagrechten Sprossen, die aus Holz leicht verfaulen würden, wurde die sogenannte Spannbleiverglasung gewählt.

Die Schuppenfenster und Tore sind nach den Musterblättern des Ausschusses für Lokomotivbehandlungsanlagen ausgeführt, und zwar in Schmiedeeisen. Nur die beiden nach innen schlagenden Tore in dem Ausbesserungsschiff sind, um Platz zu sparen und um anderweite Erfahrungen zu sammeln, als Falttore aus geprefsten Eisenblechen ausgeführt. Diese Tore werden für Kraftwerke, Flugzeugschuppen usw. und in

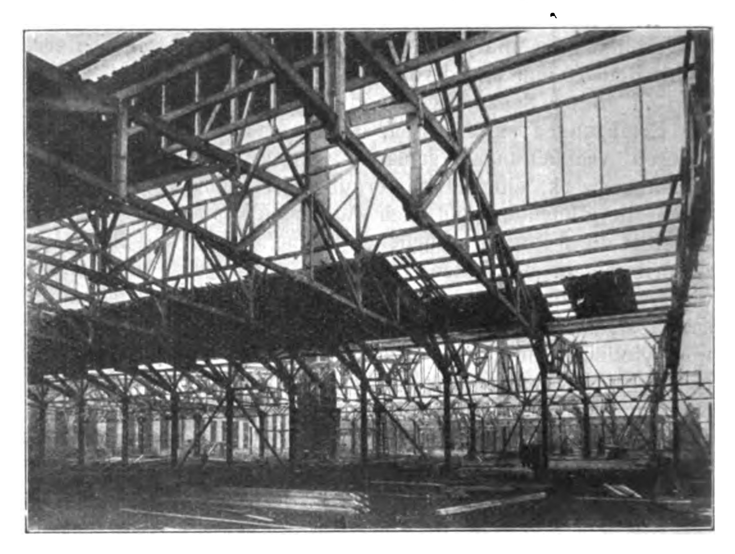


Abb. 4. Montage der Holzbinder.

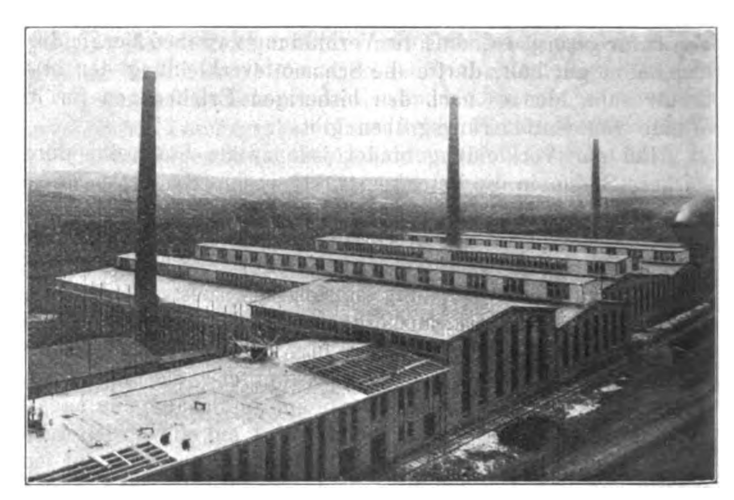


Abb. 5. Ansicht von Nordosten mit den Oberlichtaufbauten.

Holland auch für Lokomotivschuppen viel verwendet und zeichnen sich besonders durch geringen Raumbedarf aus. Bei der Erfurter Ausführung faltet sich jeder Torflügel beim Öffnen einmal zusammen und legt sich im geöffneten Zustande so genau in die innere Torpfeilernische, dafs das geöffnete Tor fast keinen Platz beansprucht und auch kein Licht wegnimmt. Jeder Flügel läuft oben mit einer Entlastungs- und Führungsrolle auf einer Laufschiene, läfst sich also leicht öffnen und schliefsen und wird im geschlossenen Zustand durch je einen Schub- und Treibriegel fest gegen den Anschlagrahmen geprefst. Die Tore machen einen sehr guten Eindruck, ob sie sich aber in dem rauhen Lokomotivschuppenbetrieb bewähren werden, bleibt erst noch abzuwarten.

Die Ausführung der Untersuchungsgruben und der Schiebebühnenfundamente geht aus Abb. 3, 4 und 5, Taf. 15 hervor.

Die Gruben sind in Grobmörtel im Mischungsverhältnis von 0,25 Teilen Trass, 0,75 Teilen Zement und 8 Teilen Kiessand ausgeführt und innen mit Gasofenklinkern verkleidet. Diese Verkleidung hat sich schon während der Bauzeit als durchaus angebracht erwiesen.

Neuartig ist die Schienenbefestigung. Erfahrungen an anderer Stelle und Versuchsausführungen hatten gezeigt, dafs die üblichen Schienenbefestigungsmittel auf Stein und Betonmauerwerk sich mit der Zeit mehr oder minder alle lösen, weil sie meist nicht tief genug in das Mauerwerk hineinreichen. Es wurde deshalb hier eine Verankerung vorgesehen, die die Zugkräfte möglichst tief in den Beton der Grubenwangen hineinleitet.

Zur Verbindung der Schienen mit den Rundeisenankern dienen die sogenannten Ankerschraubenhülsen bekannter Bauart. Die Schienen liegen auf geprefsten und imprägnierten Pappelholzplättchen, diese wieder auf einer Rollschicht aus besonders geformten Gasofenklinkern. Der Schienenfufs ist mit den Ankerschraubenhülsen durch die gewöhnlichen Klemmplättchen und Hakenschrauben verbunden. Die Kammer zwischen Schiene und Fufsbodenbegrenzung ist zwischen jeder Schienenbefestigung immer einmal durch eine besonders breite und tiefe Fuge in der Rollschicht entwässert. Um zu verhüten, dafs Wasser in die Kammern der Ankerschraubenhülsen eindringt und das Kleineisenzeug rostet, wurden die Kammern mit Stauferbuchsenfett ausgestrichen.

Die Klinkerverblendung wurde gleichzeitig mit dem Betonmauerwerk hochgeführt, damit sie mit diesem einen Verbundkörper bildet. Die Rundeisenanker sollen bei der Ausführung des Mauerwerks möglichst genau nach Seite und Höhe eingebracht werden, da später nichts mehr verstellt werden kann und bei Fehlern die Spurweite und Höhenlage der Hülsen nicht stimmt. Bei der Ausführung des Mauerwerks ist deshalb sorgfältige und genaue Arbeit unerläfslich.

Der Befestigung der Schiebebühnenlaufschienen auf den Fundamenten liegt gleichfalls der Gedanke zugrunde, die Zugkräfte möglichst tief im Mauerwerk zu verankern. Das Mauerwerk besteht aus Grobmörtel von 0,25 Teilen Trafs, 0,75 Teilen Zement und 6 Teilen Kiessand und ist nicht verkleidet. Als Schienenauflager und Befestigungsvermittler dienen kurze eiserne Schwellenstücke, deren Decke durch eingenietete U-Eisen N. P. 10 zur Aufnahme des Ankerzuges verstärkt wurde. Die ursprünglich geplante Entwässerung der durch das U-Eisen gebildeten Kammer nach der Schiebebühnengrube hin erwies sich auf der Baustelle als unausführbar und mufste weggelassen werden.

Die Schwellenstücke wurden bei der Ausführung mit den Ankern verbunden; dann wurden die Schwellenkammern mit Grobmörtel ausgestrichen, in die U-Eisenkammern waren zuvor an den Stellen, wo sie für die Schienenbefestigungsmittel offen gehalten werden mufsten, Holzstücke eingeklemmt worden, die nach dem Abbinden des Mörtels wieder herausgenommen wurden. Die so vorbereiteten Verankerungen liefs man auf einem Gerüst über der Baugrube in diese einhängen und nach Seite und Höhe einrichten. Nach dem Einbringen der beiden Lagen der Längsbewehrungseisen stampfte man den Fundamentbeton bis auf die oberste Schicht in Höhe der Schwellenstücke ein. Nach dem Abbinden des Betonkörpers wurde schliefslich die Höhenlage der Schwellenstücke nochmals überprüft und berichtigt und dann die oberste Betonschicht eingegossen.

Die Kammern für die Schienenbefestigungsmittel füllten sich hierbei nur unwesentlich mit flüssigem Mörtel, so dafs das Einsetzen der Klemmplättchen und Hakenschrauben keine Schwierigkeiten machte.

Für die Entwässerung des Schuppens und die Aufnahme der zahlreichen Rohrleitungen ist in der Achse des mittleren Schornsteins ein begehbarer Kanal angeordnet.

Der Lokomotivschuppen ist mit zentraler Rauchabführung ausgerüstet. Drei Schornsteine, der mittlere von 48 m Höhe und 1,80 m oberer lichter Weite, die beiden seitlichen von 42 m Höhe und 1,40 m oberer lichter Weite, erzeugen den notwendigen Zug. Die Rauchsammelkanäle für die Seitenschiffe liegen in den Umfassungswänden und sind aus Ziegelsteinmauerwerk hergestellt.

Auf einer Eisenbetonplatte, die sich von Pfeiler zu Pfeiler spannt, ist der Kanal mit einer Lichtweite von 0,70 m aufgemauert. Die äufsere Wand ist mit einer Luftschicht, 30 cm stark und die innere massiv 25 cm stark ausgeführt. Die Sohle des Kanals ist mit einer Ziegelflachschicht wagrecht ausgelegt; die Decke besteht aus einer preufsischen Kappe mit 10 cm Stich und steigt allmählich vom Beginn des Kanals, wo die lichte Höhe nur 0,85 m beträgt, an bis zur Einmündungsstelle in den Schornstein, wo sie 1,30 m mifst. Auf diese Weise wird die von Rauchfanganschlufs zu Rauchfanganschlufs erforderliche Querschnittsvergröfserung erzielt. Die Einmündung in den Schornstein selbst wurde trompetenförmig, ähnlich wie die Zusammenführung zweier gemauerter Entwässerungskanäle, mit nach dem Schornstein zu stark zunehmenden Querschnitten angelegt. Hierbei wurden alle Ecken und Winkel schlank ab- und ausgerundet, um Rauchstauungen und Wirbel zu verhüten und Rufsansammlungen in den Winkeln zu vermeiden. Die Kanäle wurden innen mit Kalkmörtel geputzt.

Die beiden Rauchsammelkanäle für das Mittelschiff sind auf dem Unterzug, der in der Mittelachse des Schuppens liegt, errichtet. Als Kanalgerippe dienen aus schwachen Winkeleisen gebildete, eiserne Gerüste, die im Schornstein verankert sind und mit Klauen auf dem Obergurt des Unterzuges gleiten können. Die Kanalwandungen sind mit Hohltonziegeln oder Hourdis ausgesetzt. Die Kanäle haben eine lichte Weite von 0,80 m; die Sohle ist wagrecht und die Decke steigt allmählich an. Der Kanalquerschnitt beträgt am Schornstein rund 1,35 m^2 und nimmt bis zum Ende auf 0,65 m^2 ab.

In die Rauchsammelkanäle sind die nach den Rauchfängen über den Ständen führenden Rauchrohre mit gufseisernen Mauerkästen eingeführt. Auch die Rauchrohre und Rauchfänge sind aus Gufseisen. Verwendet wurden ausschwingbare Rauchfänge mit selbsttätig hochgehenden Trichterflügeln und zwangläufiger Drosselklappe.

An jedem Pfeiler oder jeder Säule ist ein Rufsabfallrohr von 130 mm lichter Weite angeordnet, das unten mit einem Blechschieber verschliefsbar ist. In die Sohle des mittleren Rauchkanals sind die Rufsabfallrohre mit besonderen gufseisernen Anschlufsstücken eingeführt.

Neben jedem Rufsabfallrohr ist in der Kanalseitenwand eine Einsteigöffnung angeordnet. Die Öffnungen sind mit kiefernen, aus kreuzweise laufenden Bohlen zusammengeschraubten Türen verschlossen. Der Türbeschlag ist aus Bronze. Das Holzwerk wurde mit Teeröl imprägniert.

Für den Bodenbelag im Lokomotivschuppen und dessen Nebenräumen wurde Holzpflaster gewählt. Während der Belag für die beiden Seitenschiffe nur sparsam mit Teeröl (90 kg/m^3) getränkt wurde, erhielt der Belag für das Mittelschiff eine Tränkung mit 120 kg/m^3, weil hier der Holzbelag besonders unter Wasser zu leiden hat. Um den mittleren Schornstein herum, wo der Wärmespeicher, der Heizkessel und die Spritzwassergrube angeordnet sind, wurden für den Bodenbelag sogenannte Arahartsteinplatten verwendet; das sind Platten, die ohne Verwendung von Zement aus granuliertem Quarzit unter hohem Druck, Erhitzung und Zusatz von Ätzkalk hergestellt werden.

Das Eisenwerk innerhalb und aufserhalb des Lokomotivschuppens wurde mit Inertol gestrichen. Auch die Bolzen und Eisenbeschläge der hölzernen Dachbauten. Das Holzwerk selbst erhielt dagegen keinen Anstrich.

3. Die wärmetechnischen Einrichtungen des Lokomotivschuppens.

Jede Lokomotive, die über sechs Stunden im Lokomotivschuppen abgestellt wird und aus der das Feuer entfernt werden mufs, sei es zur Vornahme der regelmäfsigen Auswaschung oder kleinerer Ausbesserungen oder aus sonst einem Grunde, gibt ihren Dampf durch eine Dampfleitung an den östlich vom Mittelschornstein stehenden Dampfspeicher ab. Dieser ist aus einem alten Zweiflammrohrkessel hergestellt und hat rund 40 m³ Inhalt.

Westlich des Mittelschornsteins ist ein kleiner ortsfester Dampfkessel aufgestellt. Hierfür wurde ein Einflammrohrkessel von rund 60 m² Heizfläche verwendet, der mit einer besonderen Unterwindfeuerung eingerichtet ist, um die im Werk anfallende Rauchkammerlösche verfeuern zu können. Die Lösche wird mit dem Greiferkran aus der Löschegrube auf besondere Förderwagen verladen und so von der Entfeuerungsgrube in den Lokomotivschuppen gebracht. Hier vor dem Heizkessel entlädt der Wagen seinen Inhalt in einen unter dem Fufsboden liegenden Trichter, der die Lösche auf das Becherwerk eines Elevators gibt. Dieser befördert die Lösche in den eisernen Hochbunker. Von hier rutscht der Brennstoff nach Bedarf dem Heizer vor der Feuerung auf die Schaufel.

Der Dampfspeicher zusammen mit dem Zusatzkessel liefert den Dampf, der für den Betrieb der Dampfheizung im Schuppen und in den umliegenden Gebäuden, sowie für die Erzeugung des warmen Wassers für die Wannen- und Brausebäder im Verwaltungsgebäude und im Aufenthaltsgebäude der Werkstättenarbeiter erforderlich ist. Aufserdem dient der Dampf dazu, das Kesselspeisewasser in den zu beiden Seiten des Mittelschornsteins angeordneten Warmwasserhochbehältern vorzuwärmen, bevor es zum Füllen der ausgewaschenen Lokomotivkessel benutzt wird. Schliefslich sollen die Lokomotiven beim Anheizen wieder mit Frischdampf versehen werden, so dafs die Anheizzeit um etwa zwei Stunden verkürzt werden kann.

Die beiden Warmwasserhochbehälter sind eiserne Kastenbehälter von zusammen rund 50 m³ Inhalt. Sie sind untereinander durch ein Rohr kommunizierend verbunden und ruhen auf 7,50 m hohen eisernen Gerüsten. Gegen Wärmeabgabe sind die Behälter durch eine Holzummantelung geschützt, die mit Sägespänen ausgefüllt ist.

Das Erfurter Trinkwasser mufs zur Speisung der Lokomotivkessel erst enthärtet werden. Es geschieht dies nach dem Halvor-Bredaschen Kalk-Sodaverfahren im alten Betriebswerk. Von hier wird das Kesselspeisewasser durch eine besondere Druckleitung nach dem oberen Behälter des neuen, etwa 150 m nordöstlich des neuen Lokomotivschuppens oben auf der Böschung stehenden Wasserturmes gedrückt. Die Sohle des Behälters liegt etwa 25 m über Schienenoberkante. Das Kesselspeisewasser fliefst also mit natürlichem Gefälle vom Wasserturm zu den Warmwasserhochbehältern.

Das heifse Kesselspeisewasser der auszuwaschenden Lokomotiven und aller anderen Maschinen, deren Kessel aus irgend einem Grunde abgelassen werden mufs, fliefst durch eine Warmwasserablafsleitung in den unter Schienenoberkante liegenden Spritzwasserbehälter.

Die Lokomotivkessel sollen mit heifsem Wasser von etwa 60° bis 80° C ausgewaschen werden. Das aus den Kesseln abfliefsende Wasser hat etwa 100° C. Es kann also Wärme für andere Zwecke abgeben. Weiter werden zum Auswaschen eines Kessels erfahrungsgemäfs etwa nur $^4/_5$ des Kesselwassers gebraucht, $^1/_5$ kann unmittelbar in die Kanalleitung abgelassen werden. Bei dem ersten Teil von $^4/_5$ des Spritzwassers stehen mithin etwa 20° C, bei dem Rest etwa 70° C Temperaturunterschied zur wärmewirtschaftlichen Wiederverwendung zur Verfügung.

Die Spritzwassergrube besitzt zur Teilung des Wassers und zur unterschiedlichen Wärmeausnutzung der Teile drei Kammern. Neben der flachen Verteilergrube ist eine Tiefgrube von rund 24 m³ Inhalt angeordnet, die wieder durch eine Bohlwand im Verhältnis 1 : 4 unterteilt ist. Längs der ganzen Wand zwischen Verteiler- und Tiefgrube liegen Überfälle, so dafs das in die Verteilergrube einströmende Wasser in beide Kammern der Tiefgrube gleichmäfsig überläuft und so in $^4/_5$ und $^1/_5$ geteilt wird.

Die überschüssige Wärme des Kesselwassers wird nun zur Vorwärmung des Kesselfrischwassers dadurch ausgenutzt, dafs das kalte Frischwasser auf seinem Wege vom Hochbehälter des Wasserturms nach den Warmwasserhochbehältern in verschieden langen Kupferschlangen zunächst durch die kleinere, dann durch die gröfsere Kammer der Tiefgrube und schliefslich zurück durch die Verteilergrube geleitet wird. Hierbei erwärmt sich das Frischwasser auf etwa 60° C.

Neben dem Spritzwasserbehälter ist die Grube für die Spritzwasserpumpe angeordnet. Hier treibt eine elektrisch angetriebene Kreiselpumpe das Spritzwasser durch die Ausspritzleitung nach der auszuwaschenden Lokomotive.

Eine weitere elektrisch angetriebene Pumpe steht am Fufse der Warmwasserhochbehälter; sie füllt die ausgewaschenen Lokomotivkessel mit frischem Kesselspeisewasser aus den Warmwasserhochbehältern.

Der Behälter der Spritzwassergrube (Abb. 6, Taf. 15) wurde zur Platzersparnis unter der Erde angeordnet. Beton als Baustoff war also dafür gegeben. Der Behälter mufste aber nicht nur wasserdicht, sondern auch wärmedicht hergestellt werden.

Um die Wärmedurchlässigkeit möglichst gering zu halten, wurden die Wandungen als Eisenbetonzellenwände ausgeführt, deren Zellen mit Kieselgursteinen ausgesetzt wurden. Die gute Wärmeisolierfähigkeit dieser Steine geht verloren, wenn ihnen Gelegenheit gegeben wird, Wasser aufzusaugen. Die Eisenbetonzellenwandungen waren deshalb innen und aufsen wasserdicht zu bekleiden. Die äufsere Bekleidung gegen Grundwasser und Undichtigkeiten des Behälters besteht aus einer 1,25 mm starken Walzbleihaut. Die Baugrube wurde zunächst mit einer $^1/_2$ Stein starken Ziegelmauer, die gegen das Mauerwerk der benachbarten Untersuchungsgruben durch Dachpappe isoliert wurde, zum äufseren Schutz des Bleimantels ausgekleidet. Auf diese sorgfältig abgeputzte Mauerwerkschicht wurde eine Lage Isolierpappe aufgeklebt; hierauf wurde die Bleihaut verlegt, verlötet und wieder mit einer Lage Pappe überklebt.

Die innere, die Eisenbetonzellenwand schützende Haut hat die Aufgabe, nicht nur gegen das Wasser selbst zu schützen, sondern auch gegen dessen Hitze. Es wurde deshalb in den Eisenbetonbehälter hinein als schlechter Wärmeleiter eine 6 cm starke Spundbohlenauskleidung gesetzt. Die Spundbohlen aus Kiefernholz sind mit Teeröl unter Druck imprägniert; die Keilspundung ist mit teeröl-getränktem Werg kalfatert. An den Rohrdurchgängen wurden zwischen der Bohlwand und der Bleihaut Bleihülsen eingelegt, die in die Bleihaut eingelötet und auf die Bohlwand umgebördelt sind. Die Umbördelungen werden durch die inneren, auf die Bohlwand aufgeschraubten Rohrflansche fest gegen das Holz und die Klingeritdichtung der Flansche geprefst, so dafs auch an den Rohrdurchgängen kein Wasser an die Zellenwand gelangen kann.

Die Kieselgursteine wurden gleichzeitig mit der Ausführung des Eisenbetons eingebracht, da nach seiner Fertigstellung die Hohlräume der Zellenwand zum gröfsten Teil nicht mehr zugänglich gewesen wären.

Es mufste deshalb dafür gesorgt werden, dafs sich die Kieselgursteine nicht schon beim Verlegen in dem nassen Eisenbetonmörtel mit Wasser vollsaugten; da die Zellen nach Fertigstellung des Behälters allseitig von wasserdichten Wänden umgeben sind, war andernfalls zu befürchten, dafs die Kieselgursteine nicht wieder austrocknen würden.

Versuche ergaben, dafs ein 200 g schwerer Kieselgurstein, 48 Stunden unter Wasser gelegt, eine Gewichtszunahme von 275 g erfährt, also über 100 % seines Gewichtes Wasser aufnimmt. Beim Trocknen bekam der Stein sein ursprüngliches Gewicht wieder. Derselbe Stein, nach dem Trocknen mit Ceresitol getränkt, nahm 10 g Ceresitol auf. Nach dem Trocknen unter Wasser gelegt nahm der Stein nunmehr nur 60 g an Gewicht zu und behielt im Gegensatz zum ersten Versuch seine Schwimmfähigkeit. Damit schien die Notwendigkeit, die Kieselgursteine zu tränken, erwiesen zu sein, auch die Eignung von Ceresitol hierzu. Offenbar wird durch den kolloidalen Fettgehalt des Ceresitols die Kapillarität der Zellen in den äufseren Schichten der Steine aufgehoben und damit die Wasseraufnahmefähigkeit vermindert.

Die Kieselgursteine wurden also vor dem Verlegen mehrere Stunden in Ceresitol getränkt und wieder getrocknet. Aufserdem wurde das Anmachewasser des Grobmörtels für die Zellenwand mit Ceresitmilch angemacht und die fertige Wand innen noch mit einem Ceresitputz versehen, um ganz sicher zu gehen, dafs kein Wasser aus dem Innern des Behälters an die Kieselgursteine gelangen kann, falls anfangs die Spundbohlwand nicht ganz dicht sein sollte.

Die Verteilergrube ist auf ihre ganze Länge mit doppelten Deckeln versehen, während die beiden Kammern der Tiefgruben nur eine gemeinsame Einsteigöffnung von 1,15 m zu 1,15 m im Lichten haben.

Die Pumpengrube hat nur eine geklebte Isolierpappedichtung gegen Grundwasser erhalten.

Das umfangreiche Rohr- und Leitungsnetz des Schuppens ist in dem bereits oben erwähnten begehbaren Kanal untergebracht. Von hier führen Stichkanäle bis zu den Schächten, in denen die Schachthydranten der verschiedenen Leitungen stehen. Aufserdem sind vom begehbaren Kanal ausgehend längs der Nordwand und weiter längs der Ost- und Westwand etwa 80 cm unter Fufsboden tiefe, oben offene Kanäle angelegt, so dafs alle Leitungen mit Ausnahme der Entwässerungsleitungen jederzeit zugänglich sind. Das Leitungsnetz ist recht umfangreich; es kommen in Frage: die Starkstromkabel, die Druckluftleitung, die Kesselspeisefrischwasserleitung, die Kesselfüllleitung, die Kesselwasserablafsleitung, die Spritzwasserleitung, die Dampfablafsleitung, die Hochdruckdampfleitung, die Feuerlöschleitung, die Kondenswasserleitung und schliefslich die besondere Trinkwasserleitung, da das Kesselspeisewasser sich nicht zum Genufs eignet. Die Kanäle sind oben mit kräftigen, 8 bis 10 cm starken Bohlentafeln aus mit Teeröl getränktem Kiefernholz abgedeckt.

Die ganze Werkanlage ist mit einer massiven fundamentlosen eisenbewehrten Ziegelsteinmauer, einer sogenannten Graslaubwand, eingefriedigt. Der Zugang führt über die an das Pförtnerhäuschen anschliefsende hölzerne Brücke, die auch einen unmittelbaren Zugang zum Obergeschofs des Verwaltungsgebäudes herstellt. Hier und im Dachgeschofs sind die Diensträume für die Leitung des Werkes und die Aufenthalts-, Schrank- und Waschräume für die Lokomotivbeamten untergebracht. In der östlichen Hälfte des Erdgeschosses befinden sich die Wasch-, Umkleide-, Schrank- und Aufenthaltsräume für die Schuppenfeuerleute, in der westlichen Hälfte die gleichen Räume für die Kohlenlader und in der Mitte eine Lohnzahlstelle für die Arbeiter. Im Kellergeschofs schliefslich sind Bäder eingerichtet, ferner eine Kantine nebst Zubehör.

Dem Verwaltungsgebäude schräg gegenüber steht an einem besonderen Ladegleis das Magazingebäude mit Ölkeller und Ölausgabe.

Im übrigen ist über die Ausführung der Hochbauten nichts besonderes zu sagen. Als weifs verfugte Ziegelrohbauten bieten sie bei aller Schlichtheit ein befriedigendes Aussehen.

Verminderung der Anfressungen an Lokomotivkesseln bei amerikanischen Lokomotiven.

Railway Age, 1926, 1. H., Nr. 18 enthält einen weiteren bemerkenswerten Aufsatz *) über die Ursachen und die Vermeidung von Anfressungen an Lokomotivkesseln auf Grund von Beobachtungen, die im Bezirk Montana der Grofsen Nordbahn in den Vereinigten Staaten in den Jahren 1911 bis 1925 gemacht wurden. Sie fufsen auf einer genauen Statistik der Werkstättenarbeit an 125 Lokomotiven, die sich auf drei Zeiträume erstreckt: der erste mit vier Jahren ohne jede Reinigung des Speisewassers, der zweite mit fünf Jahren und Wasserreinigung und der dritte — ebenfalls fünf Jahre — mit einer veränderten Art der Wasserreinigung.

Teilweiser oder ganzer Rohrwechsel mufste im ersten Abschnitt nach durchschnittlich 13 Monaten, im zweiten nach 17 und im dritten nach 28 Monaten vorgenommen werden; als Lebensdauer der Rohre ergab sich 2,8 Jahre, 3 Jahre und 10 Jahre und als Laufleistungen der Lokomotiven 96000, 90000 und 160000 km. Das Verhältnis der bearbeiteten Rohre in den drei Abschnitten war 1,7 : 1,5 : 1 und dasjenige der erneuerten Rohre 5,5 : 2,8 : 1. Die Lokomotivschäden auf der Strecke, deren Ursache ganz oder teilweise auf die Wasserverhältnisse zurückzuführen ist, nahmen von 45 im Jahre vor Einführung der Wasserreinigung zunächst auf 104 im ersten Jahre nach deren Einrichtung zu, um dann ständig und zusehends abzunehmen, so dafs in den letzten vier Jahren nur mehr fünf solche Fälle eintraten.

Diese Verbesserungen werden der Umstellung im Wasserreinigungsverfahren zugeschrieben, wobei allerdings die Anlage von neuzeitlichen Kesselauswascheinrichtungen und die Ausschaltung der Stationen mit den schlechtesten Wasserverhältnissen nebenher ging, während anderseits die Kesseldrücke und -Temperaturen sowie die Gröfse und Gewichte der Lokomotiven und der Züge während des Beobachtungszeitraumes zunahmen. Waren auch die meisten Kesselschäden mit der Einführung der Reinigung behoben, so zeigten doch die Anfressungen keine bemerkenswerte Abnahme, im Gegenteil, an einigen Stellen nahmen sie sogar zu. Bei jedem Rohrwechsel gab es einen beträchtlichen Abfall, da die Rohre von einem Ende bis zum andern stark zerfressen waren. Bei planmäfsigen Untersuchungen durch die Universität des Staates Montana fand man, dafs vier Elektroden aus der nämlichen Kesselblechplatte in der gleichen Lösung verschieden grofse Ströme erzeugten, dafs also Ungleichheiten im Werkstoff der Platten oder Röhren, wenn diese sich in einer aktiven Lösung befinden, galvanische Ströme hervorrufen können, die dem Material schädlich zu werden vermögen. Weiter zeigte sich, dafs unter sonst gleichen Bedingungen diese Ströme bei Anwesenheit von schwefelsaurem Natrium oder von Kochsalz in stärkerem Mafse auftraten, während bei Ätznatron oder bei Soda eine Zunahme der Stromstärke nur bis zu einem verhältnismäfsig geringen Lösungsgrad stattfand, während bei weiterer Konzentration sich keine Zunahme der Stromstärke mehr ergab. Ja, in manchen der gereinigten Wässer nahmen die erzeugten Ströme stark ab, wenn man den Lösungen Ätznatron oder Soda zusetzte.

Die Nutzanwendung aus diesen Untersuchungen war daher, allen Kesselspeisewassern bei der Reinigung einen höheren Zusatz an Ätznatron zu geben. Dabei lief man allerdings Gefahr, das Schäumen des Wassers hervorzurufen, weshalb ein Übermafs vermieden werden mufste. Man setzt etwa 0,17 kg Ätznatron auf 1 cbm Wasser zu, während vorher nur soviel vorgeschrieben war, dafs man sicher ging, dafs der Enthärtungsvorgang vollendet war. Zur Beschränkung des Schäumens werden bereits früher gebräuchliche Zusatzmittel angewendet.

Bttgr.

*) Siehe auch Heft 16, Jahrg. 1925 des Organs.

Zeitaufnahmeverfahren in den Ausbesserungsstellen der Betriebs- und Betriebswagenwerke der Reichsbahndirektion Altona.

Von Reichsbahnrat **Gellhorn**, Mitglied der Reichsbahndirektion Altona.

Nachdem die Neuordnung der Eisenbahn-Ausbesserungswerke der Deutschen Reichsbahn (Einteilung in Werkstättenbezirke) ab 1. Februar 1925 und mit ihr die Einführung des Zeitgedinges nach der »Anweisung für die Ausführung von Zeitaufnahmen in Eisenbahn-Ausbesserungswerken« (Eaw) durchgeführt worden ist, wodurch grofse wirtschaftliche Vorteile erzielt wurden, hat es sich als notwendig herausgestellt, dafs auch die Ausbesserungsarbeiten in den Betriebs- und Betriebswagenwerken (Bw und Bww) nach den gleichen Grundsätzen, wie in den Ausbesserungswerken, ausgeführt werden.

Die Einschränkung der in einem Eaw wiederherzustellende Zahl an Gattungen von Fahrzeugen hat mehr und mehr die Durchführung von Reihen- und Fliefsarbeit ermöglicht, wodurch die Ausbesserungszeiten der Fahrzeuge aufserordentlich abgekürzt und die Belieferung der Bw und Bww mit wiederhergestellten Austauschteilen Zug um Zug möglich geworden ist.

Es erscheint zweckmäfsig, in den Bw und Bww aufser den regelmäfsig wiederkehrenden Prüfungen der Lokomotiveinrichtungen nur noch kleine Ausbesserungen an den Lokomotiven und Wagen vorzunehmen. Der Austauschbau soll, soweit wie irgend möglich, durchgeführt werden, so dafs für die Bw und Bww in der Hauptsache nur Ab- und Wiederanbau in Frage kommt, ausnahmsweise mit geringen Nach- und Pafsarbeiten.

Ist nun hiernach der Aufgabenkreis der Bw und Bww gegen die Eaw ein völlig anderer, so darf man auch nicht auf den Gedanken kommen, dafs man die für die Arbeiten in den Eaw gemachten Zeitaufnahmen ohne weiteres auf die Ausbesserungsstellen der Bw und Bww übertragen will. Denn in den Eaw, wo in der Regel nur grofse Ausbesserungen vorliegen, wird die Lokomotive in kaltem Zustande durch besondere Spezialkolonnen abgerüstet, die abgebauten Teile durch besondere Förderkolonnen nach den einzelnen Reinigungs- bzw. Wiederherstellungsabteilungen gebracht. Hier werden die Teile von besonderen Reinigungs- oder Spezialabteilungen gereinigt oder wiederhergestellt, die wiederhergestellten Teile über ein Sammellager durch die Förderkolonnen zum Lokomotivstand gebracht, woselbst die Lokomotive wieder von Spezialabteilungen zusammengebaut wird.

In den Bw dagegen werden alle diese verschiedenartigen Arbeitsvorgänge: abnehmen, reinigen, Werkstoffe und Ersatzstücke holen, wiederherstellen und anbringen in der Regel von ein und demselben Arbeiter ausgeführt; aufserdem sind noch die Hilfseinrichtungen und Werkzeugmaschinen in den Eaw vielseitiger und besser als in den Bw und Bww. Ferner kommt noch dazu, dafs in den Bw vielfach Ausbesserungsarbeiten an unter Dampf stehenden Lokomotiven vorgenommen werden müssen, wo immerhin mit gewisser Vorsicht gearbeitet, und ein anderer Mafsstab an die Ausführung der Arbeiten anzulegen ist.

Während nun in den Eaw die zu gewährenden Stückzeiten ermittelt werden aus:

a) Rüstzeit (unterteilt nach Zurüsten und Abrüsten),
b) Hauptzeit,
c) Verlustzeit (unterteilt nach sächlichen, persönlichen und vermeidbaren Verlustzeiten),
d) Vorschlosserverlust,
e) 20% Zuschlag für den Ausgleich der vollen Kraftanspannung, die bei der Zeitaufnahme verlangt wird,

erscheint es für die Bw und Bww, wo einfachere Verhältnisse vorliegen, notwendig, auch ein einfacheres Verfahren für die Durchführung von Zeitaufnahmen zur Anwendung zu bringen.

Es ist in den Bw und Bww der Reichsbahndirektion Altona ein vereinfachtes Verfahren durchgeführt worden, bei dem jedoch die mit den Arbeitervereinigungen vereinbarten vier Punkte berücksichtigt worden sind. Das wesentliche Merkmal der Vereinfachung des Verfahrens besteht darin, dafs unterschieden wird zwischen:

a) Hauptzeit = reine Arbeit am Stück, in allen Bw gleich.
b) Nebenzeit = alle vorkommenden Rüst- und Verlustzeiten zusammengefafst.

Dadurch wird erreicht, dafs die in einem Bw oder Bww aufgenommene Hauptzeit ohne weiteres von allen übrigen Bw und Bww des Bezirks übernommen werden kann, während in den Hauptzeiten der Eaw gemäfs Anweisung die Rüstzeiten mitenthalten sind, die aber in jedem Werke verschieden und daher nicht auf andere Werke übertragbar sind.

Bei Gruppengedingearbeit wird auch hier wegen zeitweise nicht stattfindender Mitarbeit des Vorhandwerkers noch der Vorhandwerkerverlust ermittelt.

Die in den Bw und Bww zu gewährenden Stückzeiten werden also aus der durch Zeitaufnahme mit der Stoppuhr ermittelten:

a) Hauptzeit,
b) Nebenzeit und dem
c) Vorschlosserverlust und dem 20%igen Zuschlag für den Ausgleich der vollen Kraftanspannung bei der Zeitaufnahme gebildet.

Die Hauptzeit.

Da die Hauptzeit nur die reine handwerksmäfsige Arbeit am Stück umfafst, die in jedem Bw und Bww unbedingt gleich ist, so erfolgt die Ermittlung der Hauptzeit in einem besonders bestimmten Bw (Mutter-Bw) für alle Fahrzeuggattungen. Diese Hauptzeiten, die nur die reinen Arbeiten am Stück ohne Rüst- und Verlustzeiten umfassen, werden den übrigen Bw und Bww des Bezirks der Reichsbahndirektion Altona durch Unterweisungskarten bekannt gegeben. Sie sind für alle Bw und Bww bindend.

Die Nebenzeit.

Die Nebenzeit ist diejenige Zeit, in welcher der Arbeiter an der Erledigung seiner Arbeitsaufgabe verhindert wird, d. h. nicht rein am Arbeitsstück arbeitet. Es sind das die notwendigen Zeiten, die ein Arbeiter z. B. zum Aus- und Einpacken seines Werkzeuges in seine Werkzeugkiste, zum Zurücklegen der erforderlichen Wege, zur Herrichtung von Hilfsvorrichtungen, zum Holen und Fortschaffen von Rüstböcken, von Betriebs-Werkstoffen und Austauschteilen, sowie zur Erledigung persönlicher Verrichtungen, wie Löhnungsempfang, Kaffeekochen, Austreten usw. gebraucht. Die Nebenzeit beginnt, wenn der Arbeiter den Platz am Arbeitsstück verläfst und endigt, wenn er sich wieder an seinem Arbeitsplatz zur Arbeitsausführung (in der sogenannten Grundstellung) befindet. Die Nebenzeiten werden in jedem Bw und Bww besonders ermittelt. Sie haben nur Gültigkeit für das betreffende Bw oder Bww, da wegen der verschiedenartigen örtlichen Verhältnisse die Nebenzeiten in jeder Dienststelle anders sind.

Die Nebenzeit wird nicht für jeden einzelnen Arbeitsvorgang, sondern durch Beobachtung des einzelnen Arbeiters für einen Werktag (540 Minuten) in v. H. der reinen Arbeitszeit als Häufigkeitswert mit der Stoppuhr aufgenommen.

Die Zeitaufnahmegemeinschaft »Z. G.«

Für die Vorbereitung und Durchführung der Zeitaufnahmen ist für den ganzen Reichsbahndirektionsbezirk Altona eine

Zeitaufnahmegemeinschaft gebildet worden, die aus ständigen und nichtständigen Mitgliedern besteht.

a) Die ständigen Mitglieder:
   1. ein Leiter der Z. G.: ein in der Fertigung und im Gedingewesen erfahrener Beamter (in Altona ein Betriebswerkvorsteher),
   2. zwei Zeitaufnehmer für Lokomotiven (in Altona zwei Werkführer),
      ein Zeitaufnehmer für Wagen (in Altona ein Wagenmeister);

b) die nichtständigen Mitglieder:
   1. der Ausführende (Handwerker, wird von der Dienststelle bestimmt),
   2. ein fachkundiges Mitglied der Betriebsvertretung (von der Betriebsvertretung bezeichnet).

Ferner sind für die Auswertungen der Zeitaufnahmen, sowie Anfertigung von Abschriften und abzugsfähigen Umdrucken der Unterweisungskarten für den ganzen Bezirk zwei Schreibkräfte erforderlich. Für die Herstellung und Verteilung der Unterweisungskarten an die einzelnen Dienststellen stehen die vorhandenen Einrichtungen der Direktion zur Verfügung.

Ermittlung der Nebenzeit.

Während die Z. G. in der Hauptsache mit der Zeitaufnahme für die Hauptzeiten beschäftigt ist, werden für die Durchführung von Zeitaufnahmen zur Ermittlung der Nebenzeiten in den Bw und Bww von den Maschinenämtern geeignete Beamte oder Arbeiter bestimmt, die von dem Leiter der Z. G. in der Durchführung von Zeitaufnahmen im allgemeinen und in der Ermittlung der Nebenzeit im besonderen ausgebildet werden. Es ist jedoch zweckmäfsig, dafs sich auch der Leiter der Z. G. zeitweilig bei den Nebenzeitaufnahmen in den einzelnen Dienststellen beteiligt, damit die Gewähr besteht, dafs überall nach gleichen Richtlinien gearbeitet wird und bei der Gelegenheit Verbesserungsvorschläge organisatorischer Art gemacht werden können.

Die Ermittlung der Nebenzeit für ein Bw oder Bww dauert ca. vier bis sechs Wochen, je nachdem in gröfseren Bw und Bww mehrere Verdienstgemeinschaften vorhanden sind, die immer gleichartige Arbeiten ausführen, wie z. B.:

1. Betriebsausbesserungen an Lokomotiven und Wagen,
2. Kolben- und Schieberuntersuchungen an Lokomotiven,
3. Bremsuntersuchungen an Lokomotiven und Wagen,
4. Dreherarbeiten,
5. Kesselschmiedearbeiten usw.,

wo also für jede Gemeinschaft die Nebenzeit besonders ermittelt werden mufs.

Linke Seite. Rechte Seite.

Abb. 1. Zeitaufnahme im Bw zur Ermittlung der Nebenzeit.

Zuerst werden in jedem Bw und Bww zur Ermittlung der Nebenzeit sogenannte Organisationszeitaufnahmen gemacht, wobei nur der Zeitaufnehmer (vom M. A. bestimmt), der zu beobachtende Arbeiter und eventuell der Leiter der Z. G. mitwirkt. Diese Aufnahmen haben den Zweck, den Dienststellenvorsteher auf etwa bestehende Mängel in der Organisation der Dienststelle aufmerksam zu machen, die dann erst, soweit dies mit einfachen Mitteln möglich ist, abgestellt werden. Nach den bisher gemachten Erfahrungen werden für jede Verdienstgemeinschaft ca. zwei bis drei solcher Organisationsbeobachtungen notwendig sein. Als Mängel könnten bei diesen Aufnahmen z. B. folgende festgestellt werden:

1. zu große Entfernung der Betriebs-Werkstoff- und Ersatzstücklager vom Arbeitsplatz,
2. zu große Entfernung der Werkzeugschränke und Geräteausgabestellen und mechanischen Werkstätten vom Arbeitsplatz,
3. schlechter Zustand der Förderwege und Werkzeugmaschinen,
4. Beschäftigung von Handwerkern mit Arbeiten untergeordneter Art usw.

Nach Abstellung solcher Mängel wird nun unter Hinzuziehung eines Vertreters der Arbeiterschaft die Zeitaufnahme zur Festlegung der Höhe der Nebenzeit vorgenommen.

In Abb. 1 ist ein Beispiel solcher Nebenzeitermittlung wiedergegeben. Die Beobachtung beginnt mit dem Zeichen zum Arbeitsanfang, von welchem Zeitpunkt an die Stoppuhr zu laufen beginnt. Es wird nur mit einer Stoppuhr gearbeitet, die nur während der Arbeitspausen (Frühstücks- und Mittagspause) stillgesetzt wird. Dies hat sich nach unseren Erfahrungen als zweckmäßig erwiesen, da hierdurch willkürlich verlängerte Arbeitspausen bei der Zeitaufnahme unberücksichtigt bleiben, und die Stoppuhr nach Beendigung der Zeitaufnahme genau neun Stunden durchlaufen hat. Der Zeitaufnehmer hat nun auf seinem Tragbrett mit Stoppuhr versehen einen linierten Bogen aufgespannt, wo er auf der linken Seite die verschiedenen Verrichtungen des Arbeiters der Reihe nach untereinander aufträgt. Auf der rechten Seite wird der jeweilige Stand der Stoppuhr aufgezeichnet, woraus für jede Verrichtung des Arbeiters die Zeitdauer errechnet wird. In Spalte a wird der jeweilige Stand der Uhr bei Beendigung einer Verrichtung eingetragen, in Spalte b der Stand der Uhr bei der vorletzten Ablesung, so daß man durch Abzug der Spalte b von a die Spalte c als Zeitdauer für jede einzelne Verrichtung erhält.

Zur Ermittlung der Zeitdauer der zweiten Verrichtung wird der Wert der Spalte a in Spalte b der folgenden vertikalen Reihe übertragen. In Spalte a der zweiten vertikalen Reihe wird darauf der Stand der Uhr bei Beendigung der zweiten Verrichtung (a = 3,90 Min.) eingesetzt.

Für gleiche Verrichtungen werden auf der linken Hälfte des Bogens die Zeiten in die gleichen Reihen hintereinander aufgetragen. So ist in unserem Beispiel die Verrichtung »Arbeitsverteilung an sämtliche Schlosser« = 7 mal und die Verrichtung »Schlosser anweisen« = 13 mal vorgekommen.

Wenn die Ablesungen und Aufzeichnungen richtig vorgenommen worden sind, so müssen:

1. sämtliche Zahlenwerte der Spalten c bei den Arbeitsverrichtungen auf der linken Hälfte erscheinen,
2. die Zahlenwerte in den Spalten c zusammengezählt = 540 Minuten (9 Std.) ergeben.

Die Zeitdauer der Pausen werden auf der linken Seite nachrichtlich vermerkt.

Nach Abschluß jeder Beobachtung wird auf der linken Seite die Quersumme der Zeiten für die einzelnen Verrichtungen gebildet, die in ihrer Zusammenfassung 540 Minuten ergeben müssen.

Zur Erleichterung bei der späteren Übertragung der einzelnen Verrichtungen in den Nebenzeitsammelbogen werden dieselben je nach ihrer Zugehörigkeit zur Arbeitszeit, Nebenzeit oder Vorschlosserverlust besonders gekennzeichnet und zwar:

Arbeitszeit = O
Nebenzeit = +
Vorschlosserverlust = Δ.

Nebenzeitsammelbogen.

Nachdem eine genügende Zahl von Nebenzeitaufnahmen für eine Verdienstgemeinschaft gemacht worden sind, so daß man die Gewißheit hat, alle vorkommenden Nebenzeiten erfaßt zu haben, werden die einzelnen Aufnahmen in dem Nebenzeitsammelbogen (siehe Abb. 2) zusammengestellt, um den Durchschnittswert zu ermitteln. In unserem Beispiel sind sieben Beobachtungen gemacht worden. Wie einleitend schon gesagt, müssen natürlich die für die verschiedenen Verdienstgemeinschaften gemachten Beobachtungen getrennt in Nebenzeitsammelbögen eingetragen werden. Dabei ist zu bemerken, daß nun nicht die sämtlichen Verrichtungen der einzelnen Beobachtungen, die zu einer Verdienstgemeinschaft gehören, untereinander eingetragen, sondern gleichartige Verrichtungen unter einer Bezeichnung zusammengefaßt werden. In Abb. 2 ist:

1. Betriebs-, Werkstoffe und Ersatzstücke holen und wegbringen, zusammengefaßt in = »Stoffe holen und wegbringen« = 6,30 Minuten.
2. Sämtliche Verrichtungen als Vorschlosser, zusammengefaßt in = »Vorschlossertätigkeit« = 59,00 Minuten.
3. Werkzeug holen und wegbringen = 17,90 Minuten usw.

Abb. 2. Zusammenstellung der Nebenzeitaufnahmen.

Darauf wird die Quersumme der einzelnen Verrichtungen gebildet und ebenfalls wie bei den Einzelbeobachtungen als

1. Arbeitszeit = O
2. Nebenzeit = +
3. Vorschlosserverlust = Δ

gekennzeichnet.

Arbeitsverrichtungen, die erfahrungsgemäß täglich vorkommen, werden mit ihrem vollen Wert eingesetzt. Dagegen werden solche, die nur in gewissen Zeitabständen vorkommen, wie z. B. »Lokomotive drehen lassen« = 14,10 Minuten (siehe Abb. 2), nur anteilig und zwar nach der Häufigkeit ihres Vorkommens berechnet. In unserem Beispiel muß in dem betreffenden Bw alle sieben Tage eine Ausbesserungslokomotive gedreht werden, weshalb auch nur täglich $\frac{14,10}{7}$ Minuten als Verrichtung in Ansatz gebracht werden. Da in unserem

Beispiel sieben Beobachtungen gemacht worden sind, ergibt sich als Quersumme wieder $\frac{14,10 \cdot 7}{7} = 14,10$ Minuten.

Die gleiche Berechnung trifft zu für die Verrichtungen:
»Löhnung holen« und
»Späte Ankunft des Personalzuges«.

Die oben gebildeten Quersummen werden nun zusammengezählt und in Abb. 2 unten in Spalte »Summe« = 3780,00 Minuten, sowie die reine Arbeitszeit in Spalte »Reine Arbeitszeit« = 3092,70 Minuten eingetragen. Alsdann wird die Summe der Nebenzeiten (alle + Werte) = 534,70 Minuten ermittelt. Ich erhalte nun aus dem Verhältnis dieser Zahlen die gesuchte Nebenzeit als Durchschnittshäufigkeitswert mit:

$$\frac{534,70 \cdot 100}{3092,70} = 17,3 \text{ v. H.}$$

Zur Ermittlung des Vorschlosserverlustes wird die reine Arbeitszeit als Vorschlosser = 1229,60 Minuten, sowie die »Vorschlossertätigkeit« unten in Spalte Vorschlosserverlust = 152,60 Minuten eingetragen. Daraus ergibt sich:

$$\frac{152,60 \cdot 100}{1229,60} = 12,4 \text{ v. H.}$$

Hierbei ist aber noch die Zahl der durchschnittlich zur Verdienstgemeinschaft gehörigen Arbeiter zu berücksichtigen (siehe Spalte Vorschlosser und Helfer).

In unserem Beispiel ist die obige Zahl daher noch zu teilen durch: $\frac{(4+4+5)}{3} = 4,3$, mithin ergibt sich:

$$\frac{12,4}{4,3} = 3,00 \text{ v. H. Vorschlosserverlust.}$$

Zur Nachprüfung dieser so gefundenen Durchschnittswerte werden in dem Nebenzeitsammelbogen die an jedem einzelnen der sieben Beobachtungstage aufgekommenen Vomhundertsätze an Nebenzeit und Vorschlosserverlust in gleicher Weise ermittelt. Hierbei ergeben sich für die einzelnen Beobachtungstage folgende Werte:

16,9; 22,7; 15,2; 19,2; 21,9; 13,0 und 13,3 = v. H. Nebenzeit
$\frac{14,0}{4}$; $\frac{10,5}{4}$; $\frac{12,3}{5}$; = v. H. Vorschlosserverlust.

Falls sich bei dieser Probe zeigt, daſs die Werte für einzelne Beobachtungstage erheblich aus dem Rahmen herausfallen, muſs den Ursachen nachgegangen werden.

Ermittlung der Hauptzeit.

Bevor die Hauptzeitaufnahmen beginnen, legt der Leiter der Z. G. im Benehmen mit der Betriebsvertretung die einzelnen Arbeitsgänge durch Grobuntersuchung fest, d. h. er prüft, in welcher Reihenfolge die Teilarbeiten am zweckmäſsigsten auszuführen sind. Ergeben sich hierbei gegenüber der bisherigen Arbeitsweise Abweichungen, so muſs der bei der Zeitaufnahme zu verwendende Arbeiter vorher mit dem neuen Arbeitsgang genau vertraut gemacht werden. Die erste Hauptzeitaufnahme wird dann in der Regel unter Aufsicht des Leiters der Z. G. ausgeführt. Bei der Hauptzeitaufnahme sind weiter beteiligt:

1. der Zeitaufnehmer,
2. der die Arbeit ausführende Handwerker,
3. das fachkundige Mitglied der Betriebsvertretung.

Die Verantwortung für die Zeitaufnahmen selbst trägt in allen Fällen der Leiter der Z. G. Die Hauptzeitaufnahme beginnt, wenn der Arbeiter sich am Fahrzeug bzw. Arbeitsplatz zur Arbeitsausführung (in der sogenannten Grundstellung) befindet. In diesem Augenblick wird die Stoppuhr vom Zeitaufnehmer ausgelöst.

In Abb. 3 ist ein Beispiel für die Hauptzeitaufnahme und zwar »Erstes Stangenlager einer G 8[1] und G 8[2] Lokomotive ab und an, sowie Aufpassen des neu ausgegossenen Lagers« wiedergegeben. Die auszuführenden Teilarbeiten werden untereinander in die dafür vorgesehenen Reihen eingetragen. Auch wird das bei der Arbeit benötigte Werkzeug und die Vorrichtungen im Zeitbogen festgelegt.

Nach Beendigung der ersten Teilarbeit »Lokomotive verfahren« wird der Stand der Uhr im Zeitbogen eingetragen, im Beispiel = 1,60 Minuten. Der Stand der Uhr nach der zweiten Teilarbeit »ersten Gelenkbolzen herausbringen« war = 4,90 Minuten, nach der dritten Teilarbeit »Stellkeilschraube nebst Keil vom ersten Stangenlager herausbringen = 9,10 Minuten usw. In gleicher Weise wird fortgefahren bis zur Beendigung der Arbeit. Der Unterschied der so eingetragenen Uhrzeiten ergibt die Zeitdauer für die einzelnen Teilarbeiten. Im Beispiel beträgt die erste Teilarbeit: = »Lokomotive verfahren« 1,60 — 0,00 = 1,60 Minuten; die zweite Teilarbeit: = »ersten Gelenkbolzen herausbringen« 4,90 — 1,60 = 3,30 Minuten; die dritte Teilarbeit: Stellkeilschraube nebst Keil vom ersten Stangenlager herausbringen 9,10 — 4,90 = 4,20 Minuten.

Arbeitsgang: Fertigung: Erstes Stangenlager ab u. an, sowie Aufpassen des neu ausgegossenen Lagers
Zeitbogen Nr. II 227
Arbeiter: N. N. — Zeitnehmer: N. N. — Fachgruppe: Schlosser — Meister: N. N. — Arb.-Vertreter: N. N.

Lfd. Nr.	Teilarbeiten	Beobachtungen	Zahl d. Arb.	Aus-geführt	Zusammen	Durchschnitt
1	Lok. verfahren	[illegible]	2	5,10	10,20	2,55
2	1. Gelenkbolzen herausbringen	[illegible]	1	15,90	15,90	3,97
3	Stellkeilschraube nebst Keil vom 1. Stangenlager herausbringen	[illegible]	1	10,20	10,20	2,55
4	Hintere Lagerschale vom 1. Stangenlager herausbringen	[illegible]	1	2,00	2,00	0,50
5	1. Kuppelstange abheben	[illegible]	2	2,10	4,20	1,05
6	Vordere Lagerschale vom 1. Stangenlager abheben	[illegible]	1	3,80	3,80	0,95
7	Stangenlager in den Stangenkopf einpassen	[illegible]	1	44,50	44,50	11,12
8	Stangenlager auf den Zapfen aufpassen	[illegible]	1	115,50	115,50	28,87
9	1. Kuppelstange auflegen	[illegible]	2	5,15	10,30	2,57
10	Vordere Lagerschale vom 1. Stangenlager einbringen	[illegible]	1	5,60	5,60	1,40
11	1. Gelenkbolzen einbringen	[illegible]	2	5,40	10,80	2,70
12	Gelenkbolzenmutter anbringen und versplinten	[illegible]	1	9,30	9,30	2,32
13	Hintere Lagerschale vom 1. Stangenlager einbringen	[illegible]	1	3,60	3,60	0,90
14	Stellkeilschraube nebst Keil vom 1. Stangenlager einbringen	[illegible]	1	16,20	16,20	4,05
15	1. Stangenlager einstellen und Stellkeilschraube versplinten	[illegible]	1	12,20	12,20	3,05
				266,55	284,30	71,05

Unterschriften: Zeitnehmer: N. N. — Arb.-Vertreter: N. N.

Abb. 3. Zeitaufnahmen zur Ermittlung der Hauptzeit.

Die Zeitdauer der einzelnen Teilarbeiten wird im Zeitbogen in »rot« über die Zahl, welche den Uhrstand bei Beendigung einer Teilarbeit angibt, eingetragen.

Bei Unterbrechung der reinen Arbeit am Stück durch Auftreten einer Nebenzeit wird die Uhr gestoppt. Sie beginnt wieder zu laufen, wenn der Arbeiter sich wieder in der Grundstellung befindet.

In gleicher Weise werden die Zeitaufnahmen der zweiten, dritten und folgenden Beobachtungen gemacht.

Die Anzahl der für eine Arbeitsausführung vorzunehmenden Beobachtungen wird von der Z. G. bestimmt; ferner ist die Z. G. für die Beurteilung der Güte der Arbeit zuständig. Nach Möglichkeit werden Hauptzeitaufnahmen zu verschiedenen Tageszeiten vorgenommen. Müssen Teilarbeiten von mehreren Arbeitern ausgeführt werden, so ist die Zahl der an der Arbeitsführung beteiligten Arbeiter in die Spalte »Zahl der Arbeiter« einzutragen.

In unserem Beispiel sind in Abb. 3 zur Ermittlung der Hauptzeit vier Beobachtungen gemacht worden.

Zur rechnerischen Ermittlung der durchschnittlichen Hauptzeit wird die Quersumme der Zeitdauer der einzelnen Teilarbeiten gebildet. Diese Quersumme wird mit der Zahl der beteiligten Arbeiter multipliziert, in Spalte »zusammen« eingetragen und alsdann durch die Zahl der Beobachtungen geteilt. So erhalte ich die durchschnittliche Zeit einer jeden Teilarbeit, die in Spalte »Hand- oder Maschinenzeit« eingetragen wird. Durch Zusammenzählen der durchschnittlichen Teilarbeitszeiten, erhalte ich die Hauptzeit für die ganze Arbeitsausführung (Fertigung). Sie beträgt in unserem Beispiel = 71,05 Minuten; dieses ist nun die zu gewährende Hauptzeit für die Arbeitsausführung: »Erstes Stangenlager einer G 8[1] und G 8[2] Lokomotive ab und an, sowie aufpassen des neu ausgegossenen Lagers.«

Unterweisungskarte Nr. 132 .... G 8[1] u. G 8[2] | Bezeichnung der Arbeit: Erstes Stangenlager ab und an sowie Aufpassen des neu ausgegossenen Lagers

Werkstattabteilung: | Arbeitsgang:

Kann nicht nach der Unterweisung gearbeitet werden, Meister sofort verständigen.

1	2	3	4	5	6	7
Stück	Werkzeug u. Vorrichtungen Bezeichnung	Größe	Lfd. Nr.	Einzel-Unterweisung	Hauptzeit für 1 Stück in Minuten	Bemerkungen
1	Handhammer		1	Lok anfahren	2.55	
1	Flachmeißel		2	1 Gelenkbolzen herausbringen	3.97	
1	Splinttreiber		3	Stellkeilschraube u. Schraubenstellteil herausbringen	4.55	
1	Bleihammer		4	Hintere Lagerschale herausnehmen	0.50	
1	Schraubenschlüssel	1/13	5	Kuppelstange zwischen 1. u. 2. Radsatz abheben	1.05	
1	Schraubenschlüssel mit einer Schlüsselweite von	30 mm	6	Vordere Lagerschale herausnehmen	0.95	
1	Vorfeile		7	Stangenlager in den Stangenkopf einpassen	11.02	
1	Rundfeile		8	Stangenlager auf den Zapfen aufpassen u. Ölnute einschlagen	28.97	
1	Zinnmaßstab		9	Kuppelstange zwischen 1. u. 2. Radsatz auflegen	2.57	
1	Nutenmeißel		10	Vordere Lagerschale einbringen	1.40	

Vorderseite.

1	2	3	4	5	6	7
Stück	Werkzeug u. Vorrichtungen Bezeichnung	Größe	Lfd. Nr.	Einzel-Unterweisung	Hauptzeit für 1 Stück in Minuten	Bemerkungen
1	Dreikantschaber		11	1 Gelenkbolzen einbringen	2.70	
1	Öltopf mit Pinsel		12	Gelenkbolzenmutter anbringen und versplinten	2.32	
			13	Hintere Lagerschale einbringen	0.90	
			14	Stellkeilschraube u. Schraubenstellteil einbringen	4.05	
			15	Stangenlager einstellen u. Stellkeilschraube versplinten	3.05	
			16	reine Arbeitszeit	71.05	
			17	17.3 % Zuschlag für Nebenzeit	12.29	
			18	3 % Zuschlag für Verschlosser	2.13	
			19	Gesamtzeit	85.47	Stückzeit für 1 Stück in Stunden
			20	20 % Zuschlag für volle Kraftanspannung	17.09	
			21	Stückzeit für 1 Stück	102.56	1.71

Normalzustand des Arbeitsplatzes:

Ausgefertigt und geprüft am 13. XI. 24 .... Name: N. N. .... | Gesehen für: .... durch: ....

Rückseite.

Abb. 4. Unterweisungskarte.

Diese im Mutter-Bw ermittelte Hauptzeit wird durch Unterweisungskarte allen Bw bzw. Bww des Bezirks Altona mitgeteilt und dient als Grundlage für die Berechnung der Stückzeit

Die Unterweisungskarte.

Die im Bezirk Altona verwendete Unterweisungskarte ist gegenüber der in den Eaw verwendeten vereinfacht und den Verhältnissen in dem Bw und Bww angepafst. Es ist Wert darauf gelegt worden, dafs die Bezeichnung der Arbeit besonders hervortritt und durch Fortlassen nicht benötigter Spalten möglichst viel Raum für die Spalte »Einzel-Unterweisungen« gewonnen wird.

Auf der Rückseite ist in den letzten Reihen der Spalte 5 der Wortlaut für die noch von der Dienststelle hinzuzurechnenden Zuschläge (Nebenzeit, Vorschlosserverlust und 20 % für volle Kraftanspannung) vorgedruckt. Dadurch wird erreicht, dafs die Dienststellen nur die bei ihnen ermittelten Vomhundertsätze einzutragen haben, um daraus ihre zu gewährenden Stückzeiten zu errechnen. In Abb. 4 ist eine solche Unterweisungskarte (Vorder- und Rückseite) wiedergegeben. Sie enthält:

1. Die Gruppennummer und lfd. Nr. des Stückzeitheftes,
2. Bezeichnung der Arbeit,
3. die bei der Hauptzeitaufnahme verwendeten Werkzeuge und Vorrichtungen,
4. die einzelnen Teilarbeiten (in Beispiel 15) mit den dazu gehörigen Zeiten,
5. die reine Arbeitszeit.

Die von der Dienststelle noch zu machenden Eintragungen sind in der Unterweisungskarte durch besonders fetten Druck kenntlich gemacht. Die Unterweisungskarten werden den Bw und Bww in vierfacher Ausfertigung und zwar zwei auf Papier und zwei auf Karton übersandt. Die beiden dünnen Papierabdrucke sind für die Sammlung der Dienststelle und für die Betsiebsvertretung, die beiden Kartondrucke für den Betrieb bestimmt.

Falls bei Zeitaufnahmen sich eine gröfsere Zahl von Teilarbeiten ergeben, werden Unterweisungskarten mit dritter und vierter Seite verwandt, jedoch vom gleichen Format.

Bei einzelnen Unterweisungkarten hat es sich als zweckmäfsig herausgestellt, Erläuterungen beizufügen, die Vorkommnisse bei der Zeitaufnahme besonders hervorheben, z. B. ob Schrauben, Niete oder Keile abgebrannt oder abgeschlagen sind, ob Arbeiten gemacht sind, die zwar nicht im Text der Unterweisungskarte enthalten sind, aber normaler Weise ausgeführt werden müssen.

Bei der Durchführung dieses vereinfachten Zeitaufnahmeverfahrens haben sich nennenswerte Schwierigkeiten weder bei der Arbeiterschaft noch bei den Aufsichtsbeamten ergeben, da jede Partei das Gefühl hatte, dafs die Aufnahmen durchaus einwandfrei und ehrlich durchgeführt worden sind.

Zum Schlufs seien die Merkmale des Altonaer Verfahrens kurz zusammengefafst:

1. Nur ein Z. G. für den gesamten Bezirk erforderlich.
2. Aufnahme der Hauptzeiten nur in einem Mutter-Bw. für die betreffenden Fahrzeuggattungen.
3. Unmittelbare Anwendung der Hauptzeiten in allen Bw und Bww des Direktionsbezirks bzw. Werkstättenbezirks möglich.
4. Zusammenfassung der Rüst- und Verlustzeiten als Nebenzeit und zwar als Häufigkeitswert in v. H. der Hauptzeit, dadurch Ausschaltung aller Meinungsverschiedenheiten zwischen Meister und Arbeiter bei Anwendung der Stückzeiten.

Da sich das Verfahren im Reichsbahndirektionsbezirk Altona bisher gut bewährt hat, ist von der Hauptverwaltung die Genehmigung erteilt worden, das oben geschilderte Verfahren auf den ganzen Werkstättenbezirk, d. h. also auch auf die Direktionen Hannover, Münster, Oldenburg und Schwerin auszudehnen. Sämtliche Bw und Bww dieser Direktionen können die von uns ermittelten Hauptzeiten anwenden, es ist nur noch in jedem Bw und Bww die Nebenzeit und der Vorschlosserverlust zu ermitteln. Auf diese Weise wird viel Personal und Doppelarbeit erspart. In sämtlichen Bw und Bww des Werkstättenbezirks bestehen die gleichen Verhältnisse betreffend Austauschbau und Ersatzstückbelieferung, da sie alle von den zum Werkstättenbezirk Altona gehörenden Eaw abhängig sind, die von einer Stelle ihre Weisungen erhalten.

Die bisher im Reichsbahndirektionsbezirk Altona errechnete Mehrleistung von etwa 30 % wird bei Ausdehnung des Verfahrens auf den ganzen Werkstättenbezirk in verhältnismäfsig kurzer Zeit auch dort erzielt werden können, was einen nicht zu unterschätzenden wirtschaftlichen Vorteil bedeutet.

Versuche mit dem Anfeuern von Lokomotiven.

Von Reichsbahnoberrat **Bethke**, Vorstand des Eisenbahn-Maschinenamts Frankfurt am Main.

1. Allgemeines.

Angeregt durch die Versuche, die Herr Reichsbahnoberrat Dr. Ing. Velte, Elberfeld, im Betriebswerk Altenhunden mit dem Anfeuern von Lokomotiven durch Luftgas angestellt hat*), werden im Bezirk des Maschinenamts Frankfurt a. Main seit 1 1/2 Jahren Versuche mit dem Anfeuern von Lokomotiven unter Verwendung der verschiedenartigsten Anfeuermittel durchgeführt. Die Versuche sollen Aufschlufs geben über die Möglichkeit:

1. der Verminderung der Anheizdauer,
2. der Verminderung der Anheizkosten (Personal- und sächliche Kosten),
3. der sofortigen Betriebsbereitschaft des Anfeuermittels,
4. der Beschleunigung des Anheizens in dringenden Betriebsfällen,
5. des Wegfalls des Transportes von Reisigbündeln und der damit verbundenen Verunreinigung des Werkstättenhofes und des Lokomotivschuppens und
6. des Wegfalls des Lagerschuppens für Reisigbündel (vergl. auch unter 2.).

Bisher wurden die Lokomotiven im Bezirk des Maschinenamts Frankfurt, wie fast allgemein üblich, mit Reisigbündeln oder Altholz angefeuert. Dieses Verfahren besitzt eine Reihe von Nachteilen, von denen die hauptsächlichsten folgende sind:

1. Lange Dauer des Anheizens (rund fünf Stunden) wenn nicht ein Prefsluft- oder Dampfhilfsbläser zur Verfügung steht. Der oft beobachtete Gebrauch eines Prefsluftbläsers stellt sich sehr teuer.
2. Grofser Personalbedarf, ein Mann kann nur zwei Lokomotiven gleichzeitig bedienen. Aufserdem erfordert das Herbeischaffen der Reisigbündel vom Reiserwellenschuppen nach den an den verschiedensten Stellen des Lokomotivschuppens oder Werkstättenhofes stehenden Lokomotiven verhältnismäfsig viel Zeit und Personal.
3. Aufwendung von Lohnkosten für das Zerkleinern des Knüppelholzes (auch Wurzelstubben), das oft an Stelle der Reiserwellen angeliefert wird. Besserung nur möglich durch Abnahme am Versandort.
4. Erhöhte Reinigungskosten für Hof und Schuppen infolge dauernden Verstreuens von Reisig.
5. Erheblicher Raumbedarf und dauernde Unterhaltungskosten für den Reiserwellenschuppen.
6. Geringe Möglichkeit, die Anheizdauer in dringenden Betriebsfällen zu beschleunigen.
7. Verhältnismäfsig starke Inanspruchnahme des Wagenparks zur Heranführung der Reiserwellen.

Um ein möglichst einwandfreies Bild zu erhalten, wurden die Versuche von vornherein auf eine breite Grundlage gestellt. Es wurde deshalb neben der Verwendung von Reiserwellen das Anfeuern durch Anheizöfen, Anfeuersteine, Flammenwerfer, Leuchtgas, Gummischläuche und Dampf eingehend untersucht. Es mag gleich von vornherein betont werden, dafs sicher noch nicht alle Möglichkeiten erschöpft und besonders der Flammenwerfer und der Gasbrenner noch nicht am Ende ihrer Entwicklungsmöglichkeit angelangt sind. Immerhin sind die bisher durchgeführten Versuche zu einem gewissen Abschlufs gelangt, der die Veröffentlichung rechtfertigt.

Es wurden insgesamt rund 200 Versuche durchgeführt, von denen je 15 mit den Reiserwellen, dem Anheizofen, und dem Flammenwerfer auf gleiche Grundlage abgestellt waren. Diesen 45 Versuchen wurde nachstehende Anweisung zugrunde gelegt:

1. Es sind 15 Versuche durchzuführen, davon fünf ohne jeden Bläser, fünf mit eigenem Bläser sofort nach Eintritt von 2 atü und fünf mit Hilfsbläser vom Beginn des Anheizens an bis 2 atü und Weiterbenutzung des eigenen Bläsers bis zur Beendigung des Versuchs.
2. Genaue Ablesungen der jeweiligen Dampfspannungen von 10 zu 10 Min. sind wichtig.
3. Der besseren Übersicht wegen ist nur eine Lokomotivtype zu den Versuchen zu nehmen (wenn möglich P 8).
4. Um vergleichsfähige Werte zu erzielen, müssen die 15 Versuchslokomotiven:
   a) ungefähr gleiche Kesselwasser-Temperatur haben,
   b) einen genau gleichen Wasserstand von 25 mm über dem niedersten Stand haben.

Um ferner die Einheitlichkeit der Durchführung der Versuche zu wahren, wurde das nachstehende Formblatt aufgestellt, das entsprechend dem verwendeten Anheizmittel zu ergänzen oder zu ändern war:

Betriebswerk . . . ., den . . . . 1926 P 8 Lokomotive Nr. . . . . .

. . . . . . Bündel Reiserwellen (oder Knüppel- oder Altholz) = ... kg

350 kg $\frac{\text{Kohle}}{\text{Briketts}}$ für das Anheizen,

. . . . . ⁰ C Temperatur des Kesselwassers } vor Beginn des Anheizens.
25 cm Wasserstand über niederstem Stand }

a) ohne Bläser
b) Eigener Bläser benutzt von . . . bis . . . Uhr
c) $\frac{\text{Luft-}}{\text{Dampf-}}$ Hilfsbläser „ „ . . . „ . . . „

{ Nichtzutreffendes durchstreichen, Luft- oder Dampfdruck zu c) angeben.

Beginn der Dampfentwicklung:

. . . . . Uhr*)	. . . . . Uhr . . . . . atü
. . . . . „ . . . . . atü	. . . . . „ . . . . . „
. . . . „ . . . . . „	. . . . . „ . . . . . „ usw.

Diese Versuche und die damit erzielten Ergebnisse sollen im folgenden beschrieben und zum Schlufs kritisch gewertet werden.

2. Reiserwellen.

Das Anzünden von Lokomotiven mit Reiserwellen, Knüppel- oder Altholz ist das älteste Verfahren und wohl allgemein bekannt. Ebenso bekannt sind die ihm anhaftenden, unter 1. angegebenen

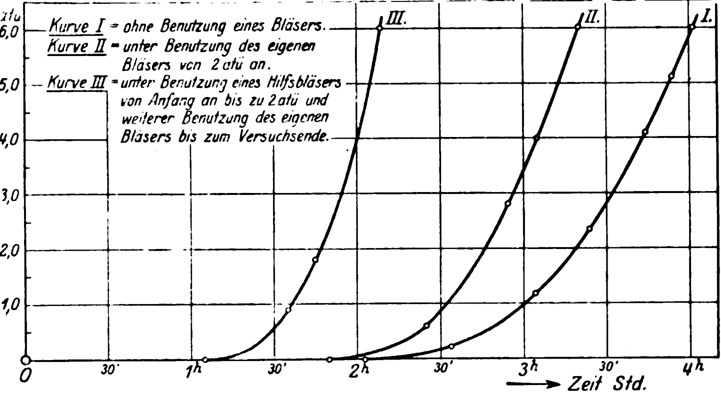


Abb. 1. Versuche mit Reiserwellen.

Nachteile, auf deren finanzielle Auswirkung ich im Abschnitt 8 »Gegenüberstellung« noch zurückkommen werde. Die durch die Vergleichsversuche mit Reiserwellen gewonnenen Resultate sind in Abb. 1 zusammengestellt. Die Kurven stellen Mittelwerte aus 15 Versuchen dar. Der Wasserstand betrug durch-

*) Zeitung des Vereins Deutscher Eisenbahn-Verwaltungen 1924, Nr. 36, Seite 680.

*) Genaue Ablesungen des Manometers von 10 zu 10 Min.; der Versuch ist beendet, wenn 6 atü erreicht sind.

weg 25 mm über N.W. Es wurden für jede Anheizung vier Bündel Reiserwellen und 350 kg Steinkohlenbriketts verwendet.

3. Anheizöfen.

Die Anheizöfen*) wurden vor dem Kriege bei der Preufsisch-hessischen Staatsbahn vielfach verwendet. Sie wurden ständig unter Feuer gehalten und waren in der Regel gleichzeitig mit Kochapparaten versehen, in denen das erforderliche Kaffee- und Waschwasser erwärmt wurde; manchmal waren auch noch ein Anwärmkasten zum Warmhalten des Mittagessens der Belegschaft und ein Sandtrockenofen damit verbunden.

Die Öfen waren bei den Betriebsarbeitern wegen ihrer strahlenden Wärme — besonders im Winter — sehr beliebt; der Kohlenverbrauch war jedoch aufserordentlich hoch, er betrug nach von mir früher einmal angestellten Versuchen je nach der Gröfse und der Aufmerksamkeit der Bedienung in 24 Stunden 400 bis 600 kg.

In einem besonderen Falle betrug der durchschnittliche tägliche Verbrauch bei einem mittleren Betriebswerk 575 kg bei sorgfältiger Beaufsichtigung durch das Bedienungspersonal.

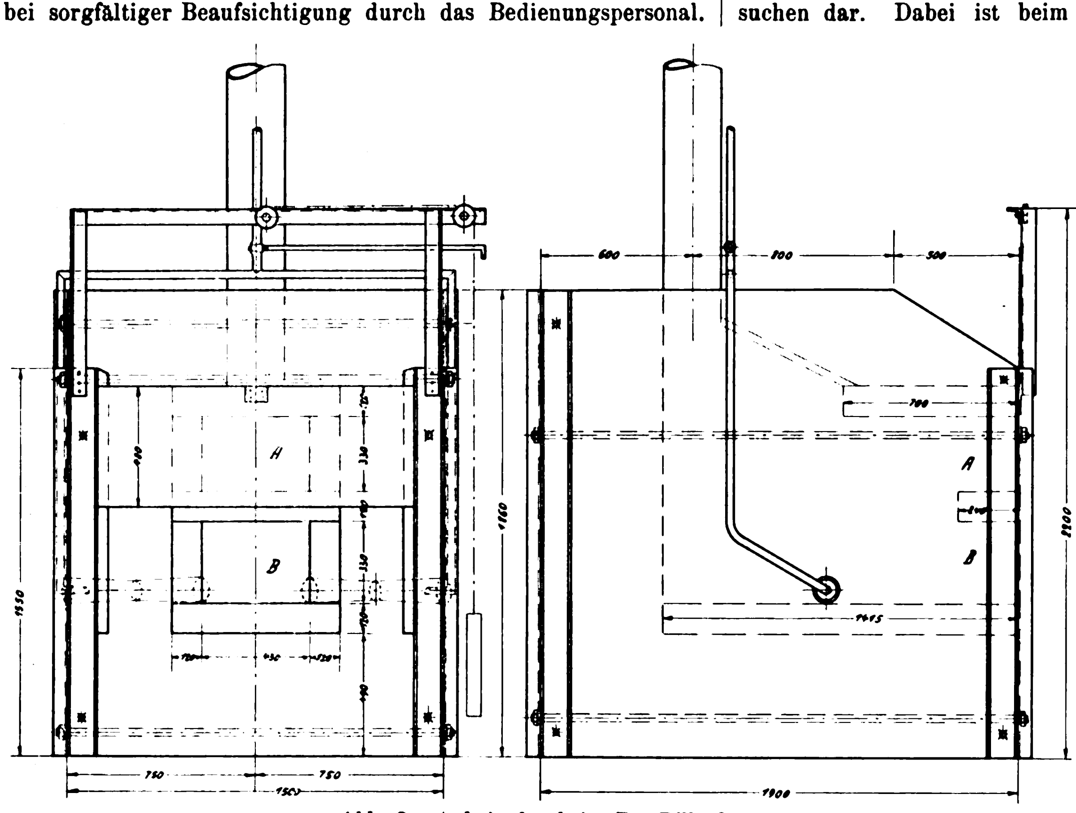


Abb. 2. Anheizofen beim Bw Dillenburg.

Für das Anbrennen einer Lokomotive wurden jedesmal rund 6 kg entnommen. Die Zahl der täglich anzuheizenden Lokomotiven betrug 23. Es wurden also nur 138 kg Kohlen für das Anheizen und 437 kg für das Inbetriebhalten des Ofens verwendet.

Wegen dieses ungenügenden Wirkungsgrades sind die Öfen nach dem Kriege an vielen Stellen verschwunden oder nur in veränderter Form wieder erstanden.

Ein solcher geänderter Ofen befindet sich in dem zum Maschinenamt Giefsen gehörenden Betriebswerk Dillenburg. Der in Abb. 2 dargestellte Ofen ist aus Ziegelsteinen aufgemauert, die Feuerung ist mit feuerfesten Steinen ausgekleidet. An beiden Seiten des Feuerraumes sind zwei Kanäle ausgespart, in welche Prefsluftleitungen münden. Die Öffnung A dient zum Einwerfen, die Öffnung B zur Entnahme des Brennstoffes; B ist durch eine in der Mitte geteilte eiserne Schiebetür verschlossen. Rost und Aschenfall sind nicht vorhanden. Eine Wärmeeinrichtung ist mit dem Ofen nicht verbunden. Dieser Ofen wird nur angefeuert, wenn eine Lokomotive angeheizt werden soll. Da im Betriebswerk Dillenburg im werktäglichen Durchschnitt vier Lokomotiven (Sonntags 15 Lokomotiven) angeheizt werden, wird der Ofen ebenso viele Male benutzt. Das Verfahren ist dabei folgendes:

Es werden 30 kg gute Stückkohle durch die Öffnung A in den Ofen geworfen und mit Hilfe von alter Putzwolle zur Entzündung gebracht. Hat das Feuer gefafst, dann wird die Prefsluft solange eingeschaltet, bis alle Kohlen in helle Glut geraten sind. Dazu sind im Durchschnitt 30 Min. erforderlich. Hierauf wird die glühende Kohle auf die Mitte des Rostes der anzuheizenden Lokomotive verbracht und mit frischer Kohle umgeben; sind diese ebenfalls in Glut geraten, dann wird das Feuer über den ganzen Rost gezogen.

Das Zeitergebnis der angestellten Versuche geht aus der Abb. 3 hervor. Die Kurven stellen Mittelwerte aus 15 Versuchen dar. Dabei ist beim Vergleich mit den anderen Anfeuerarten zu berücksichtigen, dafs die Kesselwassertemperatur im Durchschnitt 80° C und der Wasserstand 22 mm über N W. betrug.

Zum Anheizen wurden aufser den oben genannten 30 kg noch 200 kg Stückkohle auf den Rost geworfen. Diese Menge erscheint für die Anlage eines ausreichenden Grundfeuers bei nachfolgendem schweren Schnellzug- oder Güterzugdienst sehr knapp. Dazu sind nach meiner Erfahrung rund 300 bis 400 kg erforderlich. Deshalb wurden bei allen in Frankfurt am Main gemachten Versuchen 350 kg Briketts für das Grundfeuer verwendet.

Der Luftverbrauch wurde festgestellt zu 0,3 m³/Min. von 6 atü. Das ergibt für 20 Min. für jede Anheizung einen Luftverbrauch von 6,0 m³.



4. Flammenwerfer.

Die Versuche mit dem Flammenwerfer der Firma »Pyra«, Chemische Werke G. m. b. H. in Hanau, sind hervorgegangen aus den Versuchen mit Anfeuersteinen oder Kohlenanzündern.

Die Anfeuersteine bestehen in der Hauptsache aus Sägemehl oder Hobelspänen, die mit Teerrückständen und Naphtalin getränkt sind; sie sind leicht zu entzünden und verbrennen mit stark rufsender Flamme. Trotz erheblicher Vorteile gegenüber den Reiserwellen, auf die ich weiter unten noch eingehen werde, waren die Versuche mit den Anfeuersteinen nicht zufriedenstellend, weil durch die starke Fadenrufsbildung eine übermäfsige Belästigung der Bedienungsmannschaft eintrat und hier und da starke Verrufsung der Überhitzerrohre sich bemerkbar machte.

Diese Nachteile brachten den Geh. Oberbaurat Stieler, Frankfurt am Main, auf den Gedanken, einen Apparat zu konstruieren, in dem der Kohlenanzünder unter Zuführung von Prefsluft verbrannt wurde. Der erste bescheidene Erfolg ermutigte

*) Vergl. Organ für die Fortschritte des Eisenbahnwesens 1913, Heft 14.

zu weiteren Versuchen, und so entstand der in den Abb. 4 bis 6 dargestellte Flammenwerfer. Abb. 4 zeigt den Apparat in der Gesamtansicht, Abb. 5 im Schnitt mit Patronen, die durch »Strich-Punkt-Strich-Linien« angedeutet sind.

Der Apparat setzt sich zusammen aus einem Verbrennungsraum a, einem Mündungsstück b, einer äufseren Ummantelung

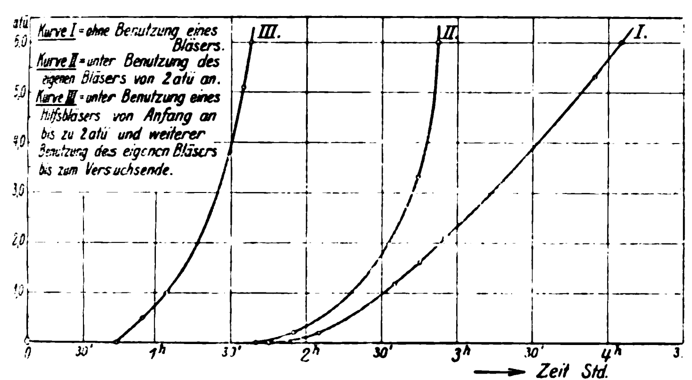


Abb. 3. Versuche mit Anheizofen.

(Windkessel) d, einem Teleskoprohr c und einem Ventilator f, an dessen Stelle auch die später erwähnte Spardüse treten kann.

Der Verbrennungsraum a besteht aus einem Zylinder 1, mit einer Erweiterung am vorderen Ende, die nach beiden Seiten als abgestumpfter Kegel 2 und 3 ausgebildet ist. In diesem Zylinder bewegt sich mittels Druckfeder 10 ein Kolben 4.

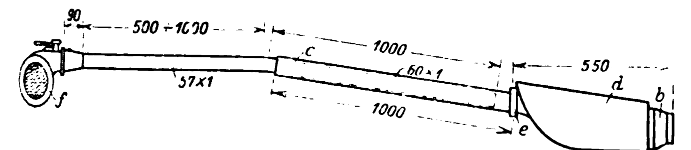


Abb. 4. Flammenwerfer.

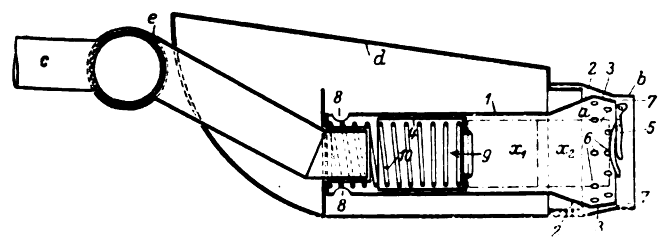


Abb. 5. Längsschnitt durch den Flammenwerfer mit Patronen.

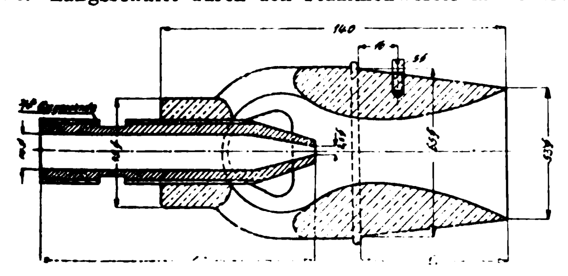


Abb. 6. Spardüse.

Eine Anschlagzunge 5 am vorderen Ende des Verbrennungsraumes kann sich in einem Gelenk nur nach rückwärts bewegen und ist auf der Rückseite etwas abgerundet, so dafs durch das Hereindrücken einer oder zweier zylindrischer Patronen, x 1 und x 2, sich der Anschlag nach oben und der Kolben im Zylinder nach rückwärts bewegen kann. Die Druckfeder 10 schiebt Kolben 4 und Patronen bis zum Anschlag 5 wieder vor.

Das Mündungsstück b bildet mit dem vorderen abgestumpften Kegel des Verbrennungsraumes einen kreisförmigen Luftspalt 7, der zur Rauchverbrennung dient. Am hinteren Ende des Zylinders sind Bohrungen 8 vorgesehen, die die Öffnung 9 am Kolben 4 abschliefsen, und aus denen die zugeführte Luft, deren freier Austritt durch die eingeschobenen Patronen verhindert wird, in den Windkessel d entweichen mufs. Die Luft sammelt sich in diesem Windkessel d an und strömt durch die Bohrungen 6 schräg nach rückwärts in den Verbrennungsraum auf die angezündete Patrone, so dafs eine intensive Verbrennung stattfindet. Die austretenden Flammen werden gleichzeitig mit Luft durch den kreisförmigen Spalt 7 ummantelt, wodurch eine vollkommene Rauch- und Rufsverbrennung erzielt wird. Die Luftzuführung erfolgt durch ein Teleskoprohr c, das am Ende mit einem Gelenk e verbunden ist. Für die Lufterzeugung ist ein kleines Elektrogebläse (Type: Staubsauger) vorgesehen, das ca. 4,4 m^3/Min. freie Luft fördert bei einem Stromverbrauch von 150 Wh. An dessen Stelle wurden auch Versuche mit der in Abb. 6 angegebenen Spardüse gemacht, die an das ortsfeste Prefsluftnetz angeschlossen wurde. Der Luftverbrauch dieser Spardüse beträgt bei einer Bohrung von 2,5 mm 0,35 m^3/Min. von 6 atü, ihre Verwendung kommt in Frage bei Versagen der elektrischen Anlage oder an Stellen, wo elektrischer Strom nicht zur Verfügung steht.

Der Apparat wirft eine 60 bis 70 cm lange Stichflamme von 1000 bis 1100° C. (Siehe Abb. 7.)

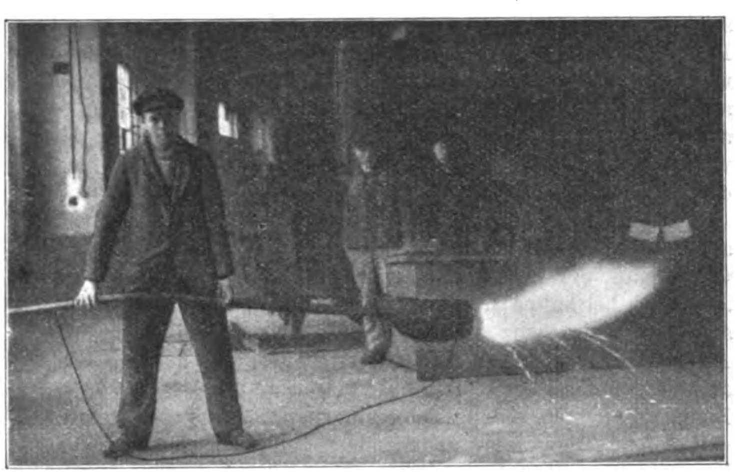


Abb. 7. Stichflamme des Flammenwerfers.

Die Handhabung ist folgende:

Nachdem die Patrone in den Apparat eingeführt worden ist, zündet man sie mit einem Streichholz an und führt den Apparat, vorläufig noch ohne aufgestecktes Gebläse, in die Feuerbüchse ein. Zu bemerken ist, dafs in der Regel eine einzige Patrone auch für die gröfste Lokomotivgattung genügt; nur bei sehr beschleunigter Anheizung verwendet man besser zwei Patronen. Der Apparat wird nun vollständig mit Stückkohle oder Briketts eingedeckt, sodann wird das Gebläse aufgesteckt und zunächst bei geschlossener Drosselklappe in Gang gesetzt; diese wird erst nach 2 bis 3 Min. langsam geöffnet. Die Kohlen werden durch die sehr heifse und weifs glühende Stichflamme sofort zur Entzündung gebracht. Dabei ist darauf zu achten, dafs der Apparat 1 bis 2 Min. nach dem Öffnen der Drosselklappe langsam aus dem Kohlenhaufen herausgezogen wird, um ein Verschmoren des Mündungsstückes zu verhüten. Durch dieses langsame Herausziehen bleibt ein Kanal bestehen. Nachdem die Patronen restlos verbrannt sind, was bei einer Patrone nach 5 Min. und bei zwei Patronen nach 10 Min. der Fall ist, kann die Luft ungehindert durch die Öffnung 9 des Kolbens 4 in diesen Kanal eintreten. Der Apparat wirkt nun als Unterwindgebläse, und die zugeführte Luft findet im Kohlenkanal eine grofse Angriffsfläche, wodurch das Feuer rasch und gleichmäfsig den ganzen Kohlenhaufen ergreift.

Wenn genügend Zeit zur Verfügung steht, kann der

Apparat aus der Feuerbüchse bereits nach 7 bis 10 Min. herausgenommen werden. Das Grundfeuer soll aber nicht eher über die Rostfläche verteilt werden, bis es in allen Teilen gut durchgebrannt ist. Ein sogenanntes »grünes«, nicht durchgebranntes Feuer über die Rostfläche zu verteilen, ist zwecklos. Falls es sich um eine beschleunigte Anheizung handelt, mufs das Gebläse 20 bis 30 Min., auch länger, je nach Art der örtlichen Verhältnisse (Rauchabführung usw.) und nach Beschaffenheit der zur Verfügung stehenden Kohlen einwirken. Eine Wartung für diese 20 bis 30 Min. ist nicht mehr erforderlich. Der Anheizer mufs nur darauf achten, dafs keinesfalls der Apparat zu nahe an dem glühenden Kohlenhaufen liegt. Nach einiger Übung finden die Leute sehr bald die richtige Lage des Apparates heraus. Um Unachtsamkeit des Personals zu begegnen, wird die Mündung b des Flammenwerfers neuerdings aus hochlegiertem, hitzebeständigem Kruppschen Eisen ausgeführt. — Das durchgebrannte Feuer wird in der üblichen Weise je nach der zur Verfügung stehenden Zeit von dem Anheizer bearbeitet.

Bei den ersten Versuchen wurde der Rost vor dem Einführen des Apparates mit einer dünnen Lage von Kohlengrus beschickt, um die flüssigen, brennenden Teile der Patrone aufzufangen, damit diese für das Anfeuern nicht verloren gehen sollten; hierbei zeigte sich jedoch, dafs der Apparat beim Hineinbringen in die Feuerkiste Kohlengrus in sich aufnahm und beim Anstellen des Gebläses dadurch zu sehr erhitzt wurde, so dafs die Mündung anfing zu verschmoren. Aufserdem fiel auch Kohlengrus durch die Rostfläche in den Aschkasten. Es wurde deshalb versucht, ohne Kohlengrus auszukommen. Irgend ein Nachteil war damit nicht verbunden.

Bei ganz kalten Lokomotiven, die mit dem Flammenwerfer angezündet werden, ist die Rauchentwicklung sehr stark, so dafs Qualm aus der Feuertüre austritt. Diese Erscheinung tritt aber auch bei kalten Maschinen, die mit Holz angefeuert werden, auf, und es ist ganz erklärlich, dafs, solange nicht für einen Abzug Sorge getragen wird, der Qualm aus der Feuertüre austreten mufs. Die falsche Luft müfste, wie ja bei jedem Zimmerofen auch, solange abgesaugt werden, bis die Maschine eine solche Temperatur angenommen hat, dafs der natürliche Zug eintritt. Man kann das Qualmen aber bei einer gewissen Geschicklichkeit des Anheizers dadurch verhindern, dafs man den Apparat anfangs erst leicht mit Briketts bzw. Kohlenstücken eindeckt, so dafs die helle Flamme gut hindurchschlagen kann und dann erst die für ein gutes Grundfeuer ausreichende Anzahl von Briketts nachwirft. Ein weiteres Hilfsmittel ist, vor die Feuertür einen angefeuchteten Sack zu legen oder einen Hilfsbläser zu benutzen, den man leicht ansaugen läfst, bis das Feuer durchgebrannt ist.

Bei dieser Gelegenheit möchte ich darauf hinweisen, dafs für das Eindecken des Apparates eine gewisse Geschicklichkeit erforderlich ist, damit die Feuerbrücke nicht zugeworfen wird, weil sonst später die Kohlen mit dem Feuerhaken sich sehr schwer auseinanderziehen lassen. Am besten stellt man den Apparat so auf, dafs genügend Platz für die in Frage kommende Kohlenmenge vorhanden ist. Die Briketts oder Kohlenstücke werfe man derart ein, dafs sie möglichst auf den hinteren Teil des Apparates auffallen, dann werden die vorn an der Rohrwand benötigten Stücke von selbst in genügenden Mengen vorfallen.

Für die Bedienung des Flammenwerfers ist nur ein Mann erforderlich. Der Anheizer bringt zweckmäfsig vom Tender zuerst die Briketts und Kohlenstücke vor, so dafs er sie in greifbarer Nähe hat. Nachdem er für den elektrischen oder Prefsluftanschlufs Sorge getragen hat, bedient er die Feuerung in der beschriebenen Weise.

Bei verschiedenen Lokomotivgattungen zeigten sich insofern Schwierigkeiten, als die Rostfläche zu sehr geneigt war, so dafs der Apparat von selbst wieder zurückrutschte, nachdem er aus dem Kohlenhaufen gezogen war. Es wurde deshalb in diesen Fällen an dem Teleskoprohr eine Schelle mit Flügelmutter angebracht, wodurch der Apparat sich leicht an der Feuertür festhalten liefs.

Für Tenderlokomotiven ist der Apparat trotz des Teleskoprohres etwas zu lang. Ich empfehle deshalb, hierfür das Einsteckrohr mit einem kürzeren, etwa 40 cm langen, mit Bajonettverschlufs versehenen auszutauschen.

Die Druckfeder im Apparat mufs von Zeit zu Zeit auseinandergezogen werden, damit der Kolben sicher an die Zunge anschlägt. Durch Zurücklegen der Anschlagzunge läfst sich der Kolben nebst Feder leicht aus dem Apparat herausnehmen. Im übrigen sind Mündungsstück, Kolben, Zylinder mit Verbrennungskammer auswechselbar angeordnet.

Der Gebläsemotor bedarf einer gewissenhaften Wartung, seine Lager müssen einer öfteren Reinigung unterzogen werden. Es ist ganz erklärlich, dafs der feine Kohlenstaub sich schnell in die Lager einsetzt, so dafs sich mit der Zeit die Welle frifst, und Ankerdefekte eintreten. Zur Zeit wird ein neues Gebläsemodell mit Kugellagern ausgearbeitet, wodurch voraussichtlich ein Fressen der Lager vermieden wird.

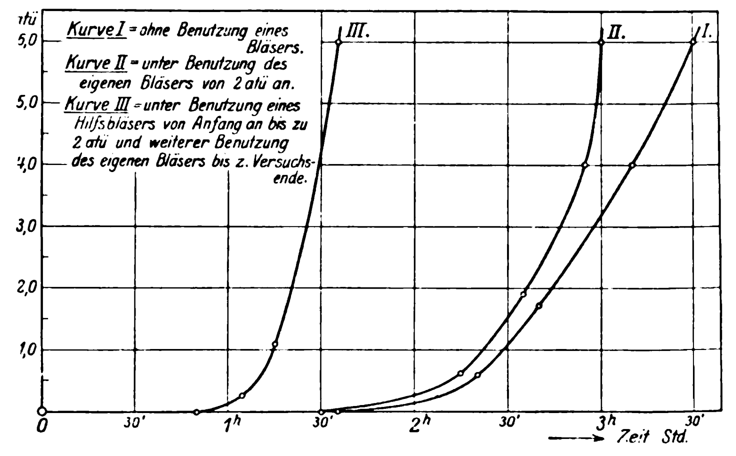


Abb. 8. Versuche mit dem Flammenwerfer.

Die ursprüngliche rechteckige Form des Kohlenanzünders und des Apparates wurde auf Anregung des Verfassers in eine zylindrische umgewandelt, wodurch erhebliche Vorteile erzielt wurden.

Die Versuchergebnisse sind in Abb. 8 zusammengestellt. Die Kurven bilden wiederum Mittelwerte aus 15 Versuchen.

5. Leuchtgas.

Im August 1924 richtete die Frankfurter Gasgesellschaft an die Verwaltung das Ersuchen, ihr zur Erprobung eines Gasbrenners einige Lokomotiven zur Verfügung zu stellen.

Nach verschiedenen Vorversuchen wurden vom Juni bis August 1925 24 Versuche unternommen.

Zur Verfügung stand geprefstes Leuchtgas von 10 atü und 4500 kcal/m³, dessen Druck auf 1500 mm W. S. vermindert wurde. Die Gasgesellschaft hatte dazu einen Spezialbrenner hergestellt; bei diesem Brenner strömt das Gas mit hoher Geschwindigkeit aus einer kalibrierten Düse in das Mischrohr. Die dadurch erzielte Injektorwirkung wird ausgenutzt, um durch verstellbare Luftzuführungsschlitze die für eine gute Verbrennung nötige Menge Luft anzusaugen. Der lanzettförmige Brenner wirft im Betriebe 14 Stichflammen aus von etwa 30 cm Länge.

Die Handhabung des Brenners ist folgende: Der Rost der Lokomotive wird auf etwa 20 cm Höhe mit grobstückiger Kohle oder den üblichen Steinkohlenbriketts derart beschickt, dafs in der Mitte eine flache Mulde für den Brenner entsteht. Durch die Feuertür wird der Brenner in diese Mulde nach

Inbetriebsetzung eingelegt und dann noch eine Lage Briketts oder Kohlen aufgeworfen, so dafs der Brennerkopf vollständig mit Brennmaterial bedeckt ist.

Versuche mit Leuchtgas im Juni 1925.

Lokomotivgattung P 8.

Nr. des Versuchs	Kesseldruck bei Beginn des Anheizens atü	Wassertemperatur bei Beginn des Anheizens °C	Dauer des Anheizens Std.	Erreichte Dampfspannung atü	Menge des Anheizstoffes kg	Dauer der Gaszufuhr Min.	Gasverbrauch m³	Dauer der Luftzufuhr Min.	Luftverbrauch 0° 760 mm m³	Ohne oder mit Bläser
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	1,5	—	1^0 10′	6	350	10	2,5	—	—	ohne
2	10	—	— 30′	12	350	14	3,5	—	—	„
3	7	—	— 30′	9	504	9	2,25	—	—	„
4	4	—	— 42′	6	210	2	0,78	—	—	mit
5	4	—	— 10′	6	420	6	2,28	—	—	„
6	0	25	1^0 55′	3	420	6	2,28	—	—	„
7	3	—	2^0 30′	4,5	245	2	0,55	2	0,6	ohne
8	1,5	—	2^0 —	3	280	2	0,55	2	0,6	„
9	0	42	3^0 —	6	245	2	0,55	—	—	mit
10	0	50	3^0 30′	4	245	2	0,55	10	8,6	ohne
11	2	—	3^0 30′	4	280	2	0,55	8	7,0	„
12	1,5	—	2^0 30′	4	210	3	0,75	9	8,1	„
13	2	—	1^0 30′	2,5	210	2	0,55	10	8,6	„
14	0	30	3^0 50′	6	280	2	0,55	—	—	„
15	2	—	3^0 10′	6	280	2	0,55	9	7,8	mit
16	8	—	2^0 10′	9	280	2	0,55	10	8,6	ohne
17	2,5	—	2^0 —	4,5	245	3	0,55	10	8,9	mit
18	3	—	3^0 06′	5	245	3	0,75	10	8,9	ohne
19	2	—	4^0 10′	6	210	2	0,55	10	8,6	„
20	0	25	3^0 —	6,5	245	3	0,75	18	15,3	mit
21	2	—	4^0 —	5	280	2	0,55	10	8,6	ohne
22	3	—	1^0 30′	5	280	2	0,55	10	8,6	„
23	2	—	3^0 —	5	280	2	0,55	10	8,6	„
24	5	—	2^0 —	5,5	245	2	0,55	10	8,6	„

Die Versuche wurden von Juni bis August 1925 angestellt.

Mit diesem Brenner wurden sechs Versuche angestellt, deren Ergebnisse in obiger Zusammenstellung unter Nr. 1 bis 6, dargestellt sind. Es wurden zunächst fünf Wendelokomotiven, die noch Druck hatten, und dann eine kalte Lokomotive angeheizt. Der Gasverbrauch schwankte zwischen 250 und 390 l/Min. (bezogen auf 760 mm). Als Anheizstoff wurden V.G.E.-Briketts (3,5 kg Stückgewicht) verwendet; die aufgebrachte Menge geht aus Spalte 6 der Zusammenstellung hervor.

Nach einer Einwirkung des Brenners von etwa 15 Min. Dauer war die Brikettlage auf eine Fläche von etwa 1 m² in lebhafte Glut geraten, so dafs die Gaszufuhr abgestellt und der Brenner entfernt werden konnte. Zur weiteren Feueranfachung wurde bei den Versuchen 4 und 5 der eigene Bläser der angeheizten Lokomotive und bei Versuch 6 ein in den Schornstein gehängter Hilfsbläser benutzt, der aus der Heizleitung einer daneben stehenden Lokomotive gespeist wurde.

Die Versuche befriedigten nicht, weil u. a. der Gasverbrauch zu hoch und nach dem sechsten Versuch der Brenner vom Feuer bereits so angefressen war, dafs er unbrauchbar wurde. Aufserdem hatte sich gezeigt, dafs das Brennerrohr nicht lang genug war. Man war nicht in der Lage, zuerst die Kohlen an der Rohrwand in Brand zu setzen, so dafs beim späteren Gebrauch des Bläsers an dieser Stelle kalte Luft durch die Rostplatten strich, die ein Undichtwerden der Siederohre begünstigte.

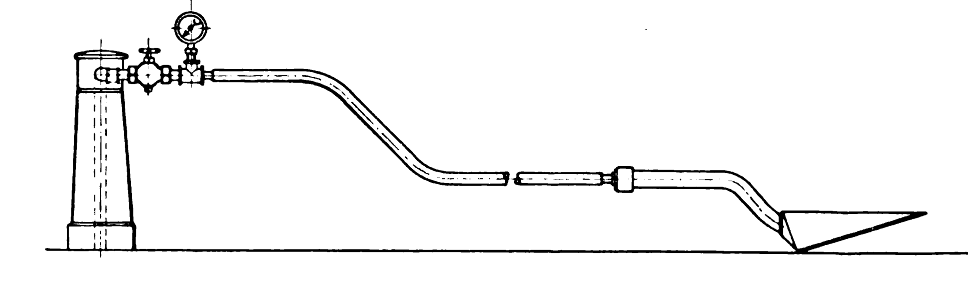
Es wurden deshalb die Versuche unterbrochen und der Gasgesellschaft vom Verfasser folgende Forderungen gestellt:

1. Leichtere Handhabung und Bedienung des Brenners,
2. geringerer Gasverbrauch,
3. intensivere Heizwirkung auf grofse Rostfläche,
4. unbedingte Betriebssicherheit (Feuerbeständigkeit).

Der aus diesen Forderungen und den dazu gegebenen Anregungen hervorgegangene Brenner ist in Abb. 9 und 10 dargestellt, er weist gegen den ersten Brenner in der Hauptsache folgende Unterschiede auf:

1. Wegfall aller nicht unbedingt notwendigen Nebenapparate und Vereinfachung der Regulierung (Forderung 1).
2. Einführung von Prefsluft an Stelle der angesaugten Luft (Forderung 2).
3. Verlängerung des Brenners von 700 auf 1000 mm und des Zuführungsrohres von 800 auf 1100 mm, später auf 1500 mm. (Forderungen 1 und 3).
4. Doppelwandige und hohle Ausführung der gefährdeten äufseren Kanten, damit diese durch die hindurchströmende kalte Luft von innen gekühlt werden (Forderung 4).

Die mit diesem Brenner angestellten Versuche, die teils an unter Druck stehenden, teils an kalten Lokomotiven vorgenommen wurden, ergaben zwar auch einen Gasverbrauch von 275 l/Min., jedoch konnte dadurch, dafs nur 2 Min. mit Gas geblasen wurde, der Gesamtverbrauch für eine Anheizung von 3500 auf 550 l vermindert werden. Nach Verlauf von 2 Min. waren die V.G.E.-Briketts soweit angebrannt, dafs die Gaszuführung abgestellt werden konnte und nur mit Prefsluft auf die Dauer von etwa 10 Min. weitergeblasen wurde. Nach dieser Zeit konnte das Feuer sich selbst überlassen oder durch Anwendung eines Bläsers weiter behandelt werden. Die Versuchsergebnisse sind in obiger Zusammenstellung, Versuche Nr. 7 bis 24, dargestellt. Der Prefsluftverbrauch geht aus Spalte 10 hervor (bezogen auf 760 mm).



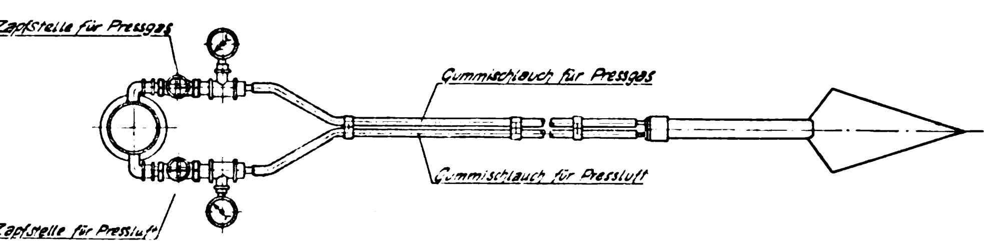


Abb. 9. Leuchtgasbrenner (2. Ausführung).

Während der neue Brenner die Forderungen 1 bis 3 im grofsen und ganzen erfüllte, vermochte er der Forderung 4 nicht gerecht zu werden. Trotz der doppelwandigen und

hohlen Ausführung der äufseren Kanten traten wiederum sehr bald Anfressungen durch das Feuer ein, die den Brenner unbrauchbar machten. Ein Übelstand, der sich in noch erhöhtem Mafse bei Verwendung von Kohlen als Anheizstoff anstatt V.G.E.-Briketts bemerkbar machte, weil infolge der kleineren Hohlräume die im Innern entwickelte Glühhitze nicht schnell

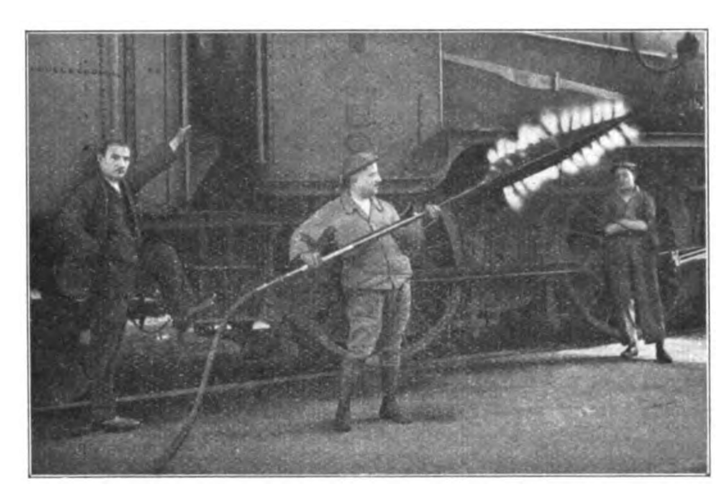


Abb. 10.
Stichflamme des Gasbrenners (sichtbar ist nur der grüne Kern).

genug abströmen konnte, so dafs der Brenner Wärmestauungen ausgesetzt war.

Die Versuche wurden wegen dieses Mangels abgebrochen. Zur Zeit bemüht sich die Frankfurter Gasgesellschaft ein Brennermaterial zu finden, das normalen Anforderungen gewachsen ist.

6. Gummischläuche.

Bei einer Ausschreibung über den Verkauf alter Gummischläuche im November 1924 wurde ein Höchstgebot mit ℳ 1,50 für 100 kg abgegeben. Dieser Preis erschien der Reichsbahn-Direktion aufserordentlich niedrig. Deshalb wurde der Verfasser beauftragt, Versuche darüber anzustellen, ob sich alte Gummischläuche mit Vorteil unter Dampfkesseln verbrennen liefsen. Die Versuche wurden mit einem überraschenden Ergebnis durchgeführt. Die anfänglich gehegte Befürchtung, dafs die Rostspalten sich zusetzen würden, trat selbst bei den engspaltigen Gliedern von Wanderrosten nicht ein, auch die zu erwartende Geruchbelästigung blieb aus. Die Schläuche verbrannten unter Bildung einer starken Stichflamme in verhältnismäfsig kurzer Zeit; die Dampfbildung wurde sichtbar beeinflufst. Es konnte also mit einer Kohlenersparnis gerechnet werden, die besonders bei den Steilrohrkesseln augenscheinlich wurde, wo die Rostgeschwindigkeit herabgesetzt werden mufste, um den Dampfdruck nicht zu hoch steigen zu lassen. Da jedoch die selbständige Zuführung der Schläuche bei diesen Kesseln ohne Umbau der Regulierschieber nicht zu erreichen war, wurde von weiteren Versuchen Abstand genommen.

Das an sich günstige Ergebnis legte jedoch den Gedanken nahe, die Schläuche zum Anfeuern von Lokomotiven zu verwenden. Die Versuche wurden in der Weise durchgeführt, dafs sieben, zehn oder 15 Schläuche einmal durchgeschnitten und auf die Mitte des Rostes gelegt wurden. Sodann wurden etwa 100 V.G.E.-Briketts (je 3,5 kg) so darauf geworfen, dafs die Schläuche mittelst alter Putzwolle vom Führerstand aus entzündet werden konnten. Auch hier fingen die Schläuche sofort Feuer und verbrannten mit starker Stichflamme, ohne dafs eine bemerkenswerte Geruchbelästigung eintrat. Aus den Ergebnissen von rund 30 durchgeführten Versuchen ergab sich, dafs bei Verwendung von sieben Schläuchen oder zwei Reiserwellen die Anheizdauer ungefähr gleich war, und 2 G 10 Lokomotiven, die gleichzeitig nach 15-stündiger Betriebspause frisch angeheizt wurden, nach $3^1/_2$ Stunden 2 atü Druck hatten.

Die Versuche wurden im Juni 1925 abgebrochen, weil auf erneute Ausschreibung der Reichsbahn-Direktion ℳ 3,10 für 100 kg geboten worden waren.

Der Kostenvergleich ist im Abschnitt 8 behandelt.

7. Einleitung von Dampf in das Kesselwasser.

Auf Grund der in Amerika*) und im Wärmewirtschaftsbezirk 2 (Berlin)**) angestellten Versuche über das Anwärmen wieder in Betrieb zu nehmender oder zu prüfender Lokomotivkessel in einem Eisenbahn-Ausbesserungswerk wurden auf Anordnung der Reichsbahn-Direktion ähnliche Versuche an Betriebslokomotiven im Dezember 1925 durchgeführt.

Da hier keine geeignete ortsfeste Dampfkesselanlage vorhanden war, mufste der Dampf anderen Lokomotiven entnommen werden. Dies bereitete zunächst insofern Schwierigkeiten, als die vorhandenen Dampfentnahmeventile nicht die benötigten grofsen Querschnitte hatten. Bei Verwendung der Heizleitung trat ein Druckabfall von 12 atü auf 6 atü ein. Es wurde deshalb bei Versuch 1 eine G 3-Heizlokomotive verwendet, die eine besondere Dampfentnahmerohrleitung vom Dom aus besitzt. Doch trat auch hier Druckabfall ein. Erst bei der Dampfentnahme aus dem Speiseventil bei Versuch 3 wurde ein Druckabfall zwischen Kessel und Leitung vermieden. Die Anheizzeit bei Versuch 3 hätte sich noch mehr abkürzen lassen, wenn die Rohrleitung einen gröfseren Querschnitt gehabt hätte.

Das Einströmen des Dampfes in das kalte Wasser der Lokomotiven machte sich durch heftige Erschütterungen und Geräusche bemerkbar, die bei öfterer Wiederholung das Dichthalten der Heizrohre beeinträchtigen dürften. Diese Erschütterungen sind bei einem Dampfdruck von 6 atü und einer Wassertemperatur von $+8^0$ bis $+45^0$ am heftigsten. Von 45^0 an lassen sie nach und verschwinden bei etwa 95^0. Das Einströmen des Dampfes von 12 atü bei einer Wassertemperatur von $+8^0$ verursachte nur geringe Erschütterungen, die erst bei einer Wassertemperatur von $+75^0$ etwas stärker wurden. Durch Einbau einer injektorartig wirkenden Vorrichtung liefsen sich diese schädlichen Erschütterungen jedoch vermeiden.

Das Anheizen bei den Gegenversuchen geschah mittelst Kolonit-Anzünder in Verbindung mit dem Flammenwerfer.

Durchführung der Versuche:

a) Versuch 1: Dampferzeugung bei einer P 8 Lokomotive durch Einleiten von Dampf in das Kesselwasser.

Nachdem die Lokomotive am Vormittag ausgewaschen worden war, wurde sie mit Wasser von 14^0 gefüllt, bis dieses aus dem Ablafshahn des Wasserstandglases herauszufliefsen begann (etwa 80 mm unter N. W.). Der Heizdampf wurde dem Dom einer G 3-Heizlokomotive entnommen und durch eine feste Rohrleitung von 26 mm l. W. durch den vorderen Schlammablafshahn dem Kessel der anzuheizenden Lokomotive zugeführt. Der Wasserverbrauch der Heizlokomotive wurde durch den Wasserstand im Tender bei Versuchsbeginn und -ende, nachdem der Anfangswasserstand im Heizlokomotivkessel wiederhergestellt war, bestimmt. Die jeweilige Temperatur des Kesselwassers der anzuheizenden Lokomotive wurde am Ablafshahn des Wasserstandsglases mittelst Quecksilberthermometer abgelesen. Da dies jedoch nur bis 100^0 C ohne erhebliche Fehler möglich war, wurde von da an nur das Kesselmanometer beobachtet und die zugehörenden Temperaturen der Dampftabelle entnommen.

*) Railway Age vom 14. und 21. Februar 1925.
**) Organ für die Fortschritte des Eisenbahnwesens Nr. 19, 1925.

Die Heizlokomotive konnte die benötigte Dampfmenge nur mit gröfster Kesselbeanspruchung liefern, so dafs gegen Ende des Versuches ein Druckabfall nicht zu vermeiden war. Die festgestellte verbrauchte Wassermenge wurde der anzuheizenden Lokomotive nicht vollständig als Dampf zugeführt, da die Heizlokomotive mit eigenem Bläser arbeitete.

Das Ergebnis ist aus Abb. 11 zu ersehen.

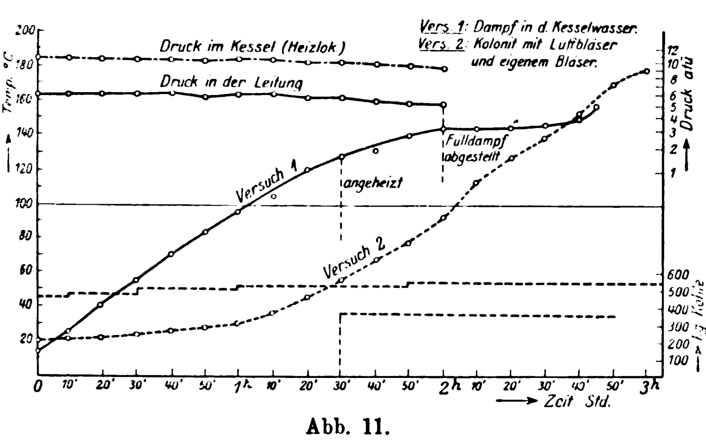


Abb. 11.

b) Versuch 2: Anheizen einer P 8 Lokomotive mittelst Kolonit-Flammenwerfer und SM-Briketts.

Die Lokomotive wurde bis 120 mm über N. W. gefüllt, um bei Versuchsende möglichst den gleichen Kesselzustand wie bei Versuch 1 anzustreben. Die Temperaturen wurden wie bei Versuch 1 bestimmt. Die Brennstoffmenge wurde durch Füllen eines ausgewogenen Gefäfses gemessen. Zum Blasen wurde ein Lufthilfsbläser verwendet, bis der eigene Bläser der Lokomotive in Betrieb gesetzt werden konnte.

c) Versuch 3: Dampferzeugung bei einer P 8 Lokomotive durch Einleiten von Dampf in das Kesselwasser.

Um den Endwasserstand nicht zu hoch werden zu lassen, wurde die Lokomotive nur bis zu einer Höhe von 200 mm unter der Feuerbüchsdecke gefüllt. Zum Feststellen dieses Wasserstandes wurde die vordere obere linke Luke abgenommen, ein gerades Winkeleisen quer über die Feuerbüchsdecke gelegt und von dessen unterer Kante bis zum Wasserspiegel gemessen. Die Luke blieb bis kurz vor Beginn der Dampfentwicklung geöffnet, um die Temperatur des Wassers durch Eintauchen des Thermometers ablesen zu können. Als Dampfzuleitungsrohr wurde dasselbe Rohr von 26 mm l. W. wie bei Versuch 1 benutzt und der Dampf einer P 8 Lokomotive von dem Speiseventil am Speisedom entnommen. Zu diesem Zweck war der obere Flansch des Rückschlagventils entfernt, ein neuer Flansch mit aufmontiertem Kupplungskopf und Manometer aufgeschraubt und an den Kupplungskopf die Rohrleitung angeschlossen. Um die heizende Lokomotive während des Versuches nicht zu oft speisen zu müssen, wurde das Wasser in ihrem Kessel vor Beginn auf einen hohen Stand gebracht. Während des Versuches, nachdem das Wasser verbraucht war, wurde die Dampfentnahme 1,3 Min. unterbrochen, und das Wasser im Kessel in dieser Zeit durch den Injektor wieder hoch gespeist. Diese kurze Unterbrechung hat sich jedoch wenig bemerkbar gemacht (Abb. 12).

d) Versuch 4: Anheizen einer P 8 Lokomotive mittelst Kolonit-Flammenwerfer und SM-Briketts.

Dieser Versuch wurde in gleicher Weise wie Versuch 2 durchgeführt. Es wurde lediglich an Stelle eines Luftbläsers wegen Luftmangels ein an eine Nachbarlokomotive angeschlossener Dampfbläser verwendet.

Von der Wiedergabe der eingehend aufgestellten Berechnung des Wärmeaufwandes, des Kohlenverbrauchs und der Kosten an dieser Stelle wird abgesehen, weil das Ergebnis der Versuche in dieser Form zur Nachahmung kaum ermutigen dürfte.

8. Gegenüberstellung.

Für die Beurteilung der Wirtschaftlichkeit und das Abwägen der Vor- und Nachteile der verschiedenen Anfeuerarten sind in der Hauptsache drei Punkte ausschlaggebend:

1. Die für das Anheizen entstehenden Kosten,
2. die Dauer des Anheizens und
3. die Belastung des O-Wagenparks und des Betriebs durch die Heranführung der Anheizmittel.

Daneben spielen die in den vorhergehenden Abschnitten sonst noch aufgeführten Vor- oder Nachteile der einen oder anderen Anfeuerart zwar auch eine beachtenswerte aber immerhin nachgeordnete Rolle.

Die Gegenüberstellung der Kosten[1]) ergibt nachstehendes Bild:

Zusammenstellung 2.

Kostenart	Reiserwellen	Anheizöfen	Anfeuersteine	Leuchtgas[2])	Gummischläuche[2])	Dampf[2])
	ℳ	ℳ	ℳ	ℳ	ℳ	ℳ
1	2	3	4	5	6	7
1. Kosten des Anheizmittels	0,39	0,80	0,18[3])	0,10	0,105	7,92
2. Frachtkosten des Anheizmittels	0,05[4])	—	0,001[5])	—	0,006[6])	—
3. Kosten für Entladen und Stapeln[7])	0,030	—	0,001	—	0,006	—
4. Für Verzinsung, Tilgung und Unterhaltung des Ofens	—	0,04	—	—	—	—
5. Desgleichen des Reiserschuppens	0,09	—	—	—	—	—
6. Desgleichen der Gasleitungen	—	—	—	0,06	—	—
7. Desgleichen der elektrischen Leitungen	—	—	0,006	—	—	—
8. Lohnkosten für das Anheizen[8])	0,90	0,90	0,60	0,90	0,80	0,90
9. Kosten für Verluste durch Eintrocknen, Abfall und Streuung (10%)	0,04	—	0,014	—	—	—
10. Kosten der Prefsluft[9])	—	0,60	0,01	0,15	—	—
Zusammen rund	1,50	2,34	0,81	1,21	0,91	8,82

Anmerkungen: [1]) Die Kosten sind für den Fall 1 errechnet, d. h. ohne Benutzung eines Bläsers.

[2]) Die Versuche mit Leuchtgas, Gummischläuchen und Dampf sind nur der Vollständigkeit hier miteinbezogen. Ein unmittelbarer Vergleich darf nicht gezogen werden, weil die Versuchsgrundlagen verschieden waren.

[3]) Einschliefslich 4 Pfg. für Verzinsung und Amortisation des Flammenwerfers.

[4]) Zugrunde gelegt sind eine mittlere Entfernung von 100 km und die Sätze der Abrechnungsvorschrift 20. Ein 15 t-Wagen fafst 2500 Reiserwellen.

[5]) Auch hier ist eine mittlere Entfernung von 100 km zugrunde gelegt, obgleich die wirkliche Frachtentfernung für Frankfurt a. M. nur 23 km beträgt.

[6]) Hier sind die Kosten für die Beförderung der alten Schläuche vom Werkstättenhauptmagazin nach den Betriebswerken am Orte eingesetzt.

[7]) Für das Entladen und Stapeln eines 15 t-Wagens mit Reiserwellen sind drei Tagewerke und eines 15 t-Wagens mit Anfeuersteinen sechs Tagewerke angerechnet.

[8]) In den Lohnkosten sind auch die Kosten für das Heranschaffen der Anheizmittel an die Lokomotiven enthalten.

[9]) In Spalte 3 und 5 sind für 1 m³ Prefsluft von 6 atü ℳ 0,10 gerechnet. In Spalte 4 ist der Betrag für den Stromverbrauch des Gebläses eingesetzt bei einem Strompreis von ℳ 0,20/kWh.

Aus vorstehender Zusammenstellung sind hinsichtlich der Kosten folgende Folgerungen zu ziehen:

1. Das Anheizen mit Dampf ist nur wirtschaftlich vertretbar,

a) wenn Lokomotiven unter Druck zur Verfügung stehen, die entweder in dem Betriebswerk in Ausbesserung oder zum Auswaschen gehen. In beiden Fällen werden im Bezirk des Maschinenamts Frankfurt a. Main Dampf und Wasser derartiger Lokomotiven in die Auswaschanlagen abgelassen, wo die Wärme vollkommen und wirtschaftlich ausgenutzt wird;

b) wenn ein ortsfester Kessel vorhanden ist, der nicht voll beansprucht ist und dessen Wirkungsgrad durch Auslastung verbessert werden kann.

Für diese Fälle ermäfsigen sich die Kosten für das »Anheizmittel« ganz erheblich, so dafs die Anfeuerart u. U. mit den anderen in Wettbewerb treten kann; trotzdem wird sie nach meiner Auffassung für das Anheizen von Betriebslokomotiven in gröfserer Anzahl keine grofse Bedeutung gewinnen.

2. Die Verwertung alter Gummischläuche ist auch bei einem Preise von 3,10 ℳ für 100 kg noch wirtschaftlich. Da jedoch nicht soviel Altgummi anfällt, um damit eine gröfsere Zahl von Lokomotiven regelmäfsig anzufeuern, empfiehlt sich die Verwendung nur bei kleineren Betriebswerken oder auf Lokomotivstationen.

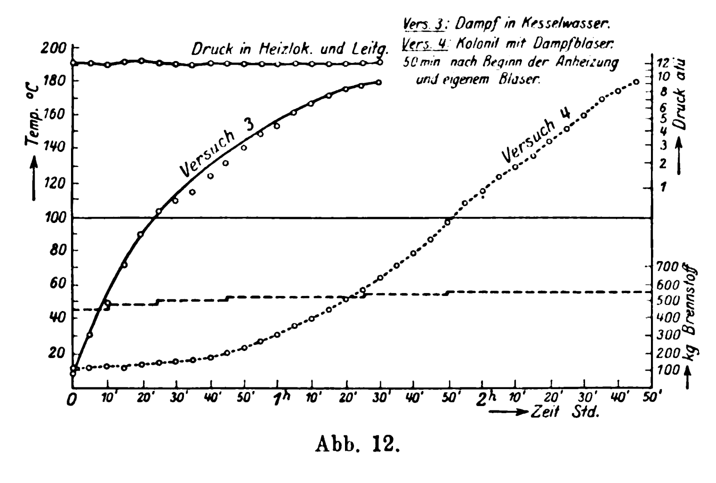


Abb. 12.

3. Das Anfeuern mit Leuchtgas ist verhältnismäfsig teuer, es ist nur dann vertretbar, wenn es sich in Ausnahmefällen darum handelt, die Anheizzeit ganz erheblich herabzusetzen. Die zur Zeit im Gang befindliche Umstellung auf Fettgas führt ohnehin zu neuen Überlegungen. Es ist anzunehmen, dafs infolge der etwa doppelt so grofsen Heizkraft des Fettgases günstigere Ergebnisse erzielt werden, wenn andererseits auch nicht verkannt werden darf, dafs der höhere Preis ungünstig einwirkt.

4. Der Anheizofen in der vorliegenden Form wird als überholt zu betrachten sein. Der aufserordentliche Verbrauch an Prefsluft, um die im Ofen liegenden Kohlen in Glut zu bringen, verteuert das Anheizen so sehr, dafs der Ofen nicht mehr wettbewerbsfähig ist. Er ist im übrigen nur für eine geringe tägliche Anzahl von Anheizungen brauchbar. Denn schon bei 48 täglichen Anheizungen wird aus dem fallweisen Betrieb ein ununterbrochener, wobei Anhäufungen zu bestimmten Tageszeiten, die natürlich einen viel gröfseren Feuerraum erfordern, nicht berücksichtigt sind. Der Ofen mit ununterbrochenem Betrieb aber ist aus den in Abschnitt 3 geschilderten Gründen aufgegeben worden.

5. Dafs das Verfahren mit Reiserwellen teuer ist, war bekannt. Die Zahlen bieten deshalb keine Überraschung. Aber selbst bei geringeren Kosten sind seine im Abschnitt 1 geschilderten sonstigen Nachteile so grofs, dafs man es gern durch ein anderes besseres Verfahren ersetzen würde.

6. Das Anheizen mit Anfeuersteinen unter Verwendung eines geeigneten Apparates, der eine Stichflamme erzeugt, ist nach den bisherigen Ergebnissen am wirtschaftlichsten. Bei den Betriebswerken in Frankfurt a. Main werden täglich Lokomotiven in nachstehender Zahl angeheizt:

Betr.-Werk 1	30 Werktags;	30 Sonntags
» 2	18 »	39 »
» 3	18 »	20 »

Das ergibt jährlich rund 25000 Anheizungen. Damit beträgt die jährliche Ersparnis gegenüber dem bisherigen Verfahren allein bei den drei Betriebswerken in Frankfurt a. Main

$$25000 . (1,50 - 0,81) = \mathbf{17250,-} ℳ.$$

Dabei ist die Ersparnis an Lohnkosten für das Anheizen nur im Verhältnis 3 : 2 in Ansatz gebracht worden, trotzdem nach den bisherigen Erfahrungen mit Sicherheit angenommen werden kann, dafs das Verhältnis dieser Lohnkosten bei Verwendung des Flammenwerfers oder von Reiserwellen sich auf 2 : 1 stellt.

Was nun die Ersparnis an Zeit, d. h. die Beschleunigung des Anheizens anbelangt, so ist auch hier der Flammenwerfer den Reiserwellen und dem Anheizofen überlegen. Verwendet

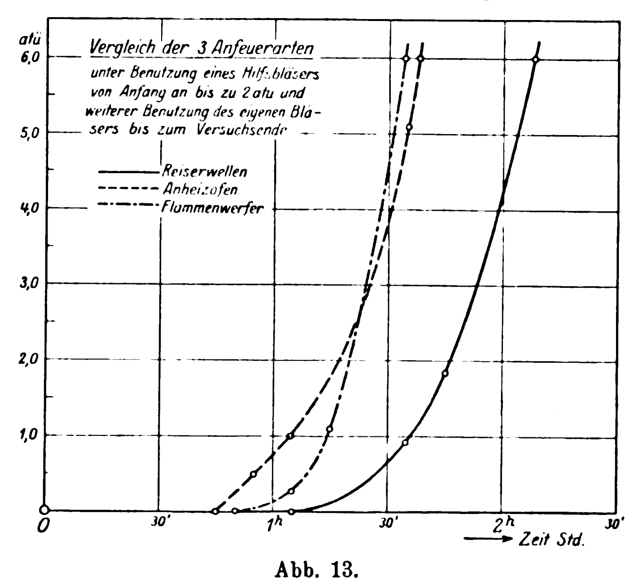


Abb. 13.

man anstatt eines Anfeuersteines zwei, dann wird damit die Anheizzeit zweifellos noch erheblich verkürzt. Versuche hierüber sind im Gange. Fest steht jedoch jetzt schon, dafs die Ruhe im Feuer (z. Zt. bis zu 6 Stunden) bedeutend abgekürzt werden kann, wodurch sich weitere Ersparnisse erzielen lassen.

Noch keine Berücksichtigung gefunden hat die starke Inanspruchnahme des Wagenparks, die jedoch zu Zeiten des O-Wagenmangels nicht vernachlässigt werden darf.

Zu den 25000 Anheizungen im Bereich der drei Betriebswerke in Frankfurt a. Main sind 100000 Reiserwellen erforderlich. Da ein 15 t Wagen rund 2500 Reiserwellen fafst, sind jährlich 40 Wagen nur für Frankfurt a. Main dem sonstigen Verkehr auf 3 bis 4 Tage entzogen, ganz abgesehen von dem Fortfall erheblicher Rangierbewegungen.

Demgegenüber stehen 25000 Anfeuersteine. 1 G-Wagen von 15 t fafst 30000 Steine, so dafs jährlich nur ein Wagen auf 3 bis 4 Tage notwendig ist. Diese erhebliche Ersparnis an Wagenmaterial ist keinesfalls zu unterschätzen.

Wenn auch die Versuche, wie ich in der Einleitung erwähnte, noch nicht endgültig abgeschlossen sind, so läfst sich doch schon im jetzigen Zeitpunkt mit Sicherheit übersehen,



dafs die bisherigen Anfeuerarten durch wirtschaftlichere ersetzt werden können. Abb. 13 zeigt zum Vergleich für den Fall der Benützung des Hilfsbläsers den Zeitverlauf für die drei Anfeuerungsarten in einem Bilde.

Nachschrift.

Die vorstehende Abhandlung wurde im Juni 1925 verfafst. Inzwischen ist angeordnet worden, dafs sämtliche Lokomotiven in Frankfurt a. M. mit dem Flammenwerfer angeheizt werden. Die hierbei gewonnenen Erfahrungen bestätigen die bei den Versuchen gemachten Beobachtungen. Aus verschiedenen mir in den letzten Monaten zugegangenen Mitteilungen geht jedoch hervor, dafs in anderen Bezirken vielfach Mifserfolge zu verzeichnen sind, die m. E. nur auf ungeschickte Bedienung und vielleicht auf den — auch in Frankfurt a. M. anfangs vorhandenen — Widerstand des Bedienungspersonals zurückzuführen sind.

Nicht unerwähnt soll bleiben, dafs neuerdings von einer sächsischen Firma ein Gebläse zum Anschlufs an die Prefsluftleitung herausgebracht worden ist, das vom Aschkasten aus unter den Rost gebracht wird und von hier aus auf einen in der Feuerkiste liegenden und mit Kohlen zugedeckten Anfeuerstein wirken soll. Das Gebläse ist jedoch nur anwendbar, wenn die Lokomotive über einen Kanal geht.

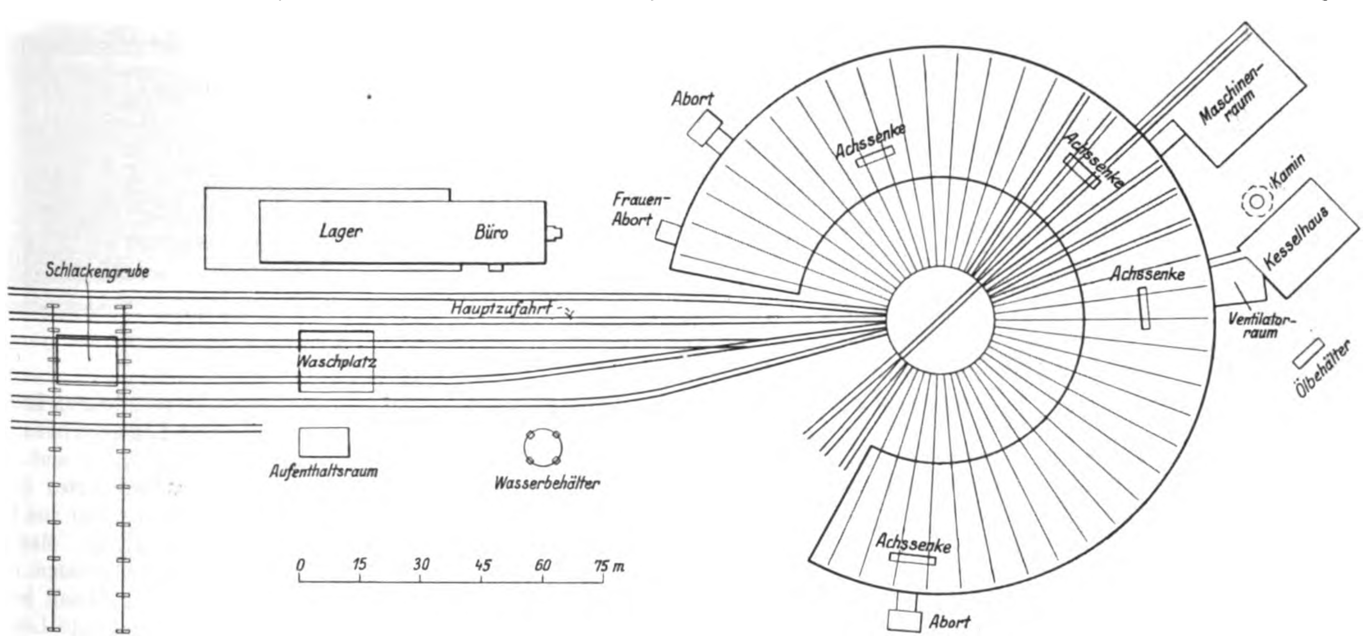
Ein neuzeitliches Betriebswerk einer amerikanischen Bahn.

Die Grand Trunk Western-Eisenbahn hat im Jahre 1926 ein neuzeitliches Betriebswerk in Benutzung genommen, bei dem trotz der herkömmlichen Form der Anlage alle Anforderungen einer wirtschaftlichen Betriebsführung berücksichtigt wurden; es ist an die Stelle einer im Jahre 1880 errichteten Anlage getreten und hat täglich 37 Lokomotiven, hauptsächlich für den Güterzug- und Verschiebedienst, abzufertigen.

Das Lokomotivrundhaus für derzeit 40 Stände kann um fünf weitere vergröfsert werden; es hat Wände aus Eisenbeton und Backstein, das Dach und dessen Tragwerk, sowie die Tore sind aus Holz, der Fufsboden ganz aus Beton. Die Arbeitsgruben für die 33 m langen Stände sind aus dem gleichen Baustoff unter Verstärkung durch alte Eisenbahnschienen; auf vier Gleisen sind Achssenken eingebaut. Zur Beheizung dienen zwei Lufterhitzer von je 2200 m³ minutlicher Leistung, welche die Warmluft durch Eisenbetonkanäle am Aufsenumfang des Hauses zu den Auslässen an den Arbeitsgruben drücken. Zehn 75-Wattlampen beleuchten jeden Stand, der aufserdem noch Kraftanschlufs besitzt. Die fünf Reihen der Dachstützsäulen tragen auch die Rohrleitungsanschlüsse und zwar die fünfte die Hochdruckprefsluftleitung, die vierte die Absauge-, Auswasch- und Fülleitung, die dritte die Luft- und Ölleitung und schliesslich die zweite noch eine Kaltwasserleitung. Die Auswasch- und Füllbehälter fassen je 95 m³ und werden von zwei Dampfpumpen mit je 3,8 m³ minutlicher Leistung bedient. Der Brennstoffbehälter für die Ölfeuerung der Lokomotiven befindet sich aufserhalb des Hauses und kann 38 m³ aufnehmen; eine Kreiselpumpe fördert das Öl durch die oben genannte Leitung zu allen Ständen. Fünfzehn Stände sind zum Füllen der Kessel nach dem Auswaschen mit Frischdampf von etwa 10 at eingerichtet. Zur Ausrüstung des Lokomotivschuppens gehört ein fahrbarer Elektrokran, welcher nicht nur die schwereren Teile ab- und anbauen hilft, sondern sie auch aus dem Lager holen kann.

Die 27 m-Drehscheibe wird durch zwei 25 PS-Motoren angetrieben, sie hat eine Winde für das Verholen kalter Lokomotiven.

Ein kleiner Werkzeugmaschinenraum befindet sich am Hinterende dreier Stände. Das Kesselhaus enthält drei Stirling-Wasserrohrkessel mit mechanischer Kohlenzufuhr und Aschenentfernung.



Lageplan des Betriebswerkes.

Das Lagergebäude ist 45 m lang und an das Bürohaus angebaut.

Der Schlackensumpf ist 10 m breit, 16 m lang und 4 m tief und besteht aus Eisenbeton mit besonderer Verstärkung durch Schienen am 60 mm starken Boden. Die Aschengrube wird durch einen Laufkran von 100 m Fahrbahnlänge bedient, der einen Geländestreifen bestreicht, auf dem der Anfall von drei Monaten Platz hat.

Die Lokomotiven werden von einer selbsttätigen elektrischen Bekohlungsanlage versorgt. Die Bunker haben Fassungsraum für 500 t und je zwei Abgabeschurren für die drei Gleise; gewöhnlich werden täglich 250 t Kohlen umgeschagen; der Sandbehälter fafst 250 t.

Bttgr.

(Railw. Age, 1. Hälfte 1926, Nr. 22.)

Rauchabzüge in Lokomotivschuppen*).

Von Fr. Zimmermann, Oberregierungsbaurat a. D., Heidelberg.

Im folgenden soll ein kurzer Überblick gegeben werden über die Einrichtungen, die in neuer Zeit zur Abführung des Rauches der in den Lokomotivschuppen stehenden Lokomotiven angewendet werden.

Einzelrauchabführung. Man hatte früher in größseren Lokomotivschuppen offene, runde und ovale Rauchabzüge, deren Unterkante höher lag als die Lokomotivkamine, die darunter wegfahren mufsten. Der Rauchfangtrichter war auch wesentlich weiter als die Lokomotivkamine.

Die aus dem Lokomotivkamin abziehenden Gase können die grofse Luftmenge um den Kamin herum nicht genügend erwärmen, um einen kräftigen Abzug zu bewirken. Bei Wind und nebligem Wetter schlägt der Rauch in das Maschinenhaus zurück oder bleibt über dem Dach in der Umgebung liegen. In diesem Fall leiden nicht nur die Anwohner durch den Rauch, sondern ganz besonders alle Beamten und Arbeiter, die im Lokomotivschuppen sich aufhalten müssen. Dann werden die Tore aufgelassen, damit der Rauch aus dem Schuppen hinausgeblasen wird. Der kräftige Durchzug durch den Lokomotivschuppen treibt aber den Rauch zwischen Lokomotivkamin und Rauchabzug erst recht in das Maschinenhaus hinein. Unter dem Luftdurchzug leiden aber wieder Beamte und Arbeiter des Schuppens, so dafs Erkrankungen der Atmungsorgane und der Haut auftreten.

Die Rauchabzugstrichter hat man später in viereckige Rauchfangkasten umgewandelt, deren Längswände fest, deren Vorder- und Rückwände pendelnd eingerichtet wurden. Das Eisenbahn-Zentralamt empfiehlt in einem Bericht an das Reichsverkehrsministerium vom Jahre 1922 für Einzelrauchabführung den kastenförmigen, rechteckigen Rauchfangtrichter mit gufseisernem, 60 cm weitem Abzugsrohr, wenn eine schlanke, vierseitige Pyramide den Übergang von der Rechteck- in die Kreisform vermittelt. An den Schmalseiten sind gelenkartige Schürzen angebracht Im Abzugsrohr mufs eine Drosselklappe eingebaut sein, damit im Winter die erwärmte Luft des geheizten Schuppens nicht durch die unbenutzten Rauchfänge entweicht. Paul Jeschke in München liefert solche Rauchabzüge, bei denen die Drosselklappe durch die ausschwingenden Querwände eingestellt wird.

In diese Rauchfangkasten können die Lokomotiven mit dem Schornstein hineinfahren. Damit ist einem grofsen Übelstand abgeholfen. (Organ 1909, Heft 8; Zeitschr. f. Dpfkessel- u. Masch.-Betr. Nr. 12 v. 1914.)

Die Einzelrauchabzüge werden aus Holz, das mit Wasserglas, Kalkmilch und anderen Schutzmitteln angestrichen oder in flüssige Schutzmittel gelegt wird, oder aus Eisenblech hergestellt.

Wurde bei den ersteren der Anstrich nicht regelmäfsig erneuert, so gerieten sie in Brand; die schmiedeeisernen Abzüge waren bald durchgerostet. Man hat die hölzernen Abzüge auch dadurch zu schützen versucht, dafs die Bretter mit Rillen versehen werden, in die ein Brei von Kreide mit Wasserglas eingespachtelt wird. Aber Holz schwindet in der grofsen Hitze besonders stark, deshalb konnte es nicht ausbleiben, dafs diese Art Schutz ausbröckelt.

In letzter Zeit werden wieder viele Einzelrauchabzüge aus imprägniertem und feuersicherem Holz verlangt und geliefert. Wird eine stark rauchende Lokomotive unter einen solchen, unten offenen Rauchabzug gestellt, so zieht mit dem Rauch viel kalte Luft in das Abzugsrohr und es dauert einige Zeit, bis ein genügender Zug entsteht. Bis dahin tritt der Rauch auch nach aufsen in den Schuppen aus und verqualmt diesen.

In das Abzugrohr werden auch Abschlufsklappen eingesetzt, die geschlossen werden können, wenn keine Lokomotive unter dem Rauchabzug steht, um im Winter den Schuppen warm halten zu können. Wenn die Klappe nicht senkrecht steht, verengt sich der Rohrquerschnitt bedeutend und verhindert den Rauchdurchlafs.

Um dem Übelstand, dafs der Rauch sich in den Lokomotivschuppen schlägt, abzuhelfen, versieht man die Rauchabzüge mit einer Vorrichtung, die entweder den Lokomotivkamin mit einem verschiebbaren Rohr und Hut abdeckt (Abb. 1), oder nach Bauart Fabel den Lokomotivkamin umschliefst, solange dieser sich unter dem Rauchabzug befindet.

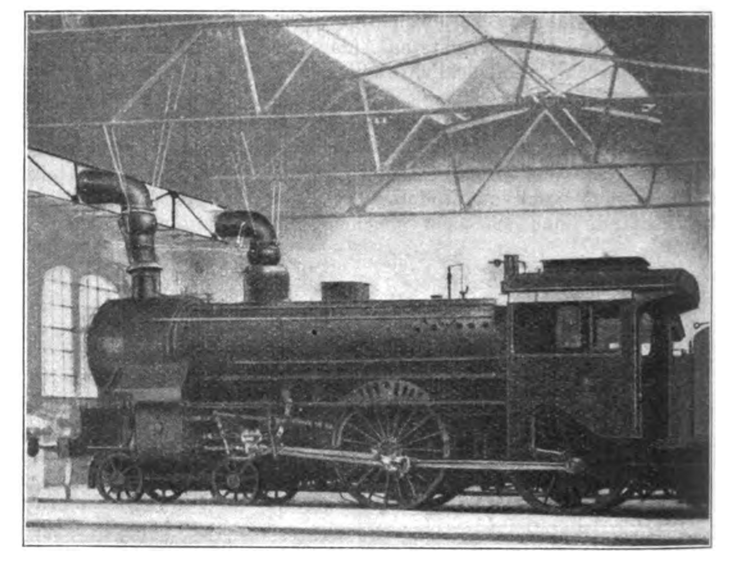


Abb. 1.

Die Vorrichtung mit den senkrecht verschiebbaren Röhren ist von mehreren Firmen in verschiedenen Lokomotivschuppen mit wenig Erfolg versucht worden. Das eine Rohr mufs sich in dem am Dach des Lokomotivschuppens befestigten Rohre auf- und abbewegen können. Sobald sich Rost bildet und Rufs sich dazwischensetzt, hört die Verschiebbarkeit auf. Man hat deshalb versucht, das verschiebbare Rohr aus Aluminium oder einem sonst von den Gasen nicht angreifbarem Metall herzustellen, auch um die an dem Dachgebälk hängende Last zu vermindern. Das gewöhnliche Aluminium ist indessen nicht fest und hart genug. Jede Verbeulung veranlafst eine Störung, im Hochziehen oder Herablassen des verschiebbaren Rohres. Man verwendet neuerdings hierzu ein Hart-Aluminium.

Otto Fabel in München hat bekanntlich den Trichter in senkrechter Richtung zerteilt, so dafs sich zwei halbrunde Klappen bilden, die den Lokomotivkamin von der Seite her umschliefsen. Diese Klappen stehen wagrecht und werden erst herabgelassen, wenn eine Lokomotive unter den Rauchabzug gefahren ist.

Die Firma H. Clasen in Breslau brachte statt des viereckigen Rauchfangs einen solchen mit senkrechten Seitenwänden und runder Vorder- und Rückwand an. (Trommeltrichter, Abb. 2 und 3.) Dieser Rauchfang bildet eine Art Haube. Aus der Haube werden, wie bei einem Krangreifer, zwei Haubenhälften seitlich herabgelassen, die mit einem Ausschnitt für den Lokomotivkamin versehen sind. Diese Haubenhälften

*) Organ 1896, S. 1; 1904, S. 60; 1909, S. 148; 1911, S. 294; 1912, Heft 10; 1915, S. 198; Ztg. d. Ver. d. E. Verw., Nr. 70, 1904; Ausschufs f. d. Normalisierung d. Lokomotivbehandlungsanlagen 25. und 26. Januar 1922; Ausschufs f. Lokomotivbehandlungen und maschinelle Anlagen 20. und 21. Dezember 1923.

umschliefsen den Lokomotivkamin, und legen sich beim Hochziehen an die oberen Haubenhälften an. Es mufs zwischen der äufseren und der inneren Haube genügend Spielraum bleiben, damit nicht der sich ansetzende Rufs und Rost ein Vorübergleiten der inneren Haube verhindert. Die beiden inneren Haubenhälften schliefsen, wenn sie hochgezogen sind, das Abzugsrohr nach oben ab.

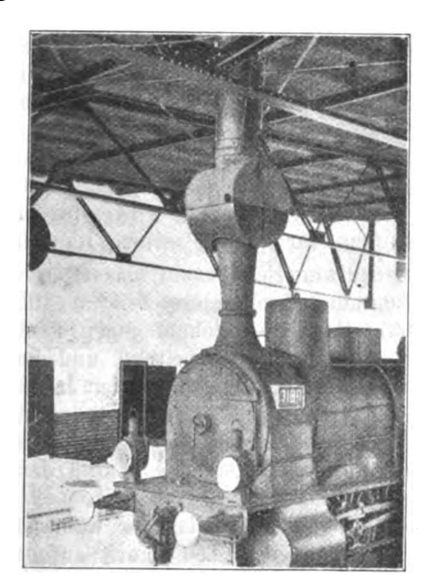


Abb. 2.

Die Trommeltrichter konnten sich aus dem gleichen Grunde wie die Teleskoptrichter nicht bewähren.

Die Bedingungen, die an einen guten Rauchabzugstrichter gestellt werden müssen, sind folgende:

a) die Einrichtung mufs einfach und haltbar und darf nicht zu teuer sein;

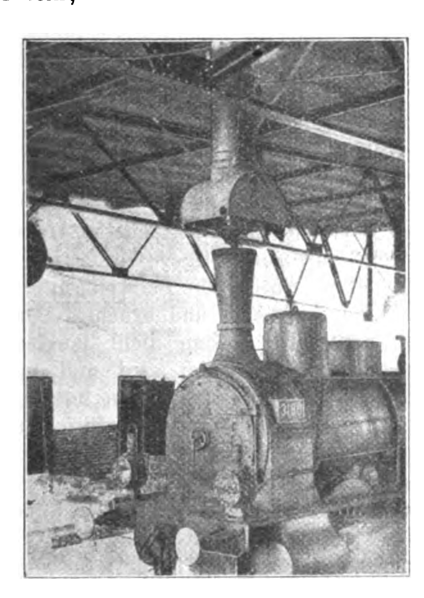


Abb. 3.

b) die Einrichtung mufs zu verschiedenen Höhen und Weiten der Lokomotivkamine passen;

c) ist die Einrichtung an den Lokomotivkamin angelegt, darf möglichst wenig falsche Luft zwischen ihr und dem Lokomotivkamin eintreten;

d) ist die Einrichtung hochgezogen, so mufs das Rauchabzugsrohr abgeschlossen sein;

e) beim Gegenfahren des Lokomotivkamines, Domes usw. gegen die herabgelassene Einrichtung darf weder beim Vorwärts- noch Rückwärtsfahren eine Beschädigung der Einrichtung oder des Lokomotivteils eintreten.

Zur Bedingung e) ist zu bemerken, dafs sowohl die hochziehbaren Trichter, wie die Flügel oder Klappen von Fabel und Jeschke und die Hauben von Clasen an Drahtseilen befestigt sind, die sie mittelst Gegengewichten in die Hochstellung ziehen. Ferner mufs das untere Stück des Rauchabzugsrohres etwas nach vorn und hinten nachgeben, also einen pendelnden Ausschlag zulassen.

Otto Fabel hatte anfänglich die Flügel längs der Gleisrichtung eingestellt. Jetzt liegen sie nach der Anordnung von Jeschke quer zum Gleis (Abb. 4), geben also beim Hochgehen aus der Tieflage in die Hochstellung die Durchfahrt schneller frei.

In der Tieflage müssen die Einrichtungen durch eine auslösbare Sperre festgehalten werden. Stöfst ein Lokomotivteil gegen die herabgelassene Einrichtung, so wird die Sperre ausgelöst und die Einrichtung (Trichter, Flügel, Hauben) wird vom Gegengewicht in die Hochstellung gezogen. In dieser bleibt sie, bis sie von Hand herabgelassen wird. Es gibt

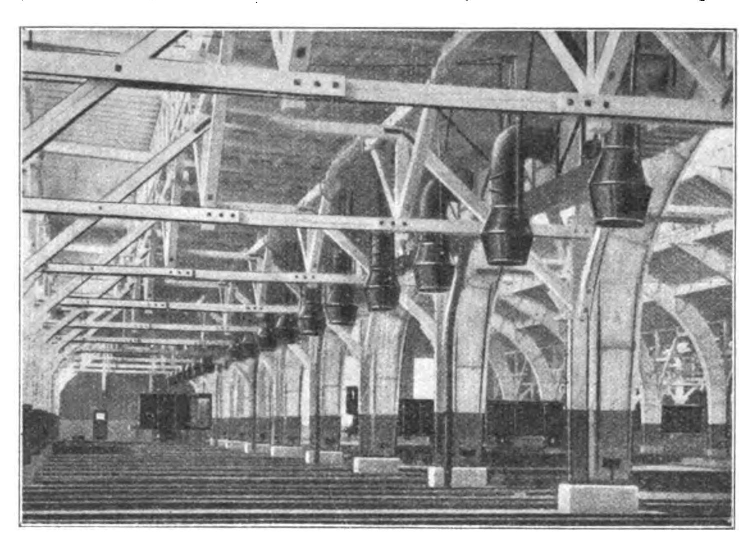


Abb. 4.

auch eine selbsttätige Vorrichtung (Spiegelhalter) für das Herablassen, doch hat diese, auch noch von einzelnen Firmen angepriesene Vorrichtung, wenig Anklang gefunden, weil hierfür zu viele Einzelteile angebracht werden müssen.

Die Betriebsstellen müssen zum Schutz der in den Lokomotivschuppen beschäftigten Arbeiter darauf halten, dafs auch die Einzelrauchabzüge den Lokomotivkamin abschliefsen.

Zu den Einzelrauchabzügen zählen auch die durchgehenden Rauchfänge, das sind unten offene Kanäle, auf die in bestimmten Abständen Abzugkamine aufgesetzt sind. Solche durchgehenden Rauchabzüge sind, wie in englischen Bahnhöfen, auch in den neuen deutschen Bahnhöfen in Darmstadt, Stuttgart usw. und in Lokomotivschuppen, sowohl in rechteckigen als halbrunden, in letzteren über jedem Gleis mit einem Abzugrohr an beiden Enden. Sie sind meistens aus Holz hergestellt. In einem badischen Lokomotivschuppen waren durchgehende Rauchabzüge aus Zinkblech eingebaut worden. Bald tropfte Zinkweifs auf die Verkleidungsbleche der Lokomotiven, so dafs dieses unansehnlich wurde, auch war das Blech bald zerfressen.

Es ist auffallend, dafs sich die Rauchabzüge aus Holz in englischen Lokomotivschuppen gut hielten. Nach englischem Vorbild und nach Angabe und Zeichnung der London—North Western Railway in Crewe vom März 1896 wurden in Mühlacker und Appenweier rechteckige Lokomotivschuppen mit Säge-

dach und durchgehenden hölzernen Rauchfängen erbaut*). In beiden Schuppen waren die hölzernen Rauchfänge nach etwa zehn Jahren verkohlt und verbrannt.

Vor vier Jahren wurden in einem halbrunden Schuppen hölzerne Rauchfänge eingebaut und unter dem Dach eine Zwischendecke mit Gipsdielen eingesetzt. Durch den Rauch und Dampf, der auf der Seite der Rauchfänge heraustrat und sich an der Decke ansammelte, wurde die Decke bald zerstört. Der Gips ist herabgefallen und die Rauchfänge haben Risse, so dafs sie dauernd der Unterhaltung bedürfen und nach einigen Jahren abgenommen werden müssen.

Zentrale Rauchabführung. Mufs der Rauch der Lokomotiven im Schuppen wegen der Umgebung hoch abgeführt werden, so verbleibt nur die Möglichkeit, die Einzelrauchabzüge an einen Kanal anzuschliefsen und diesen in einen hohen Schornstein einmünden zu lassen. Die Westfalia-Dinnendahl A.-G. in Bochum hat für die Rauchabführung in Nied einen Ventilator aufgestellt, der den abgesaugten Rauch durch einen Schlot in die Höhe jagt. Auch die Siemens-Schuckertwerke in Berlin verwenden bei ihren Rauchabzugsanlagen mit schwenkbarem Teleskoprohr und zwangläufiger Drosselklappe eine Saugzugeinrichtung. Die Sauger oder Exhaustoren, wenn sie mit den Rauchgasen in Berührung kommen, werden durch diese zerstört und erfordern sehr hohe Betriebskosten**). Steht ein Schornstein hinter einer Anhöhe und läfst der darüber ziehende Wind den Rauch auch aus dem ausreichend erwärmten Schornstein nicht austreten, so hilft eben nur die Einrichtung einer Sauganlage dem Übelstande ab.

Zu d) Bei der Rauchabführung mit Kanal und Schornstein ist natürlich Bedingung, dafs alle Rauchabzugsrohre, unter denen keine Lokomotiven stehen, geschlossen sind. Diese Bedingung führt bei allen Einrichtungen zur Anwendung einer Abschlufseinrichtung wie z. B. einer Drosselklappe im Rauchabzugsrohr.

Statt der Drosselklappe können auch andere selbsttätige Verschlüsse ausgeführt werden (s. Org. 1909, Heft 8). Es ist aber nicht immer erwünscht, dafs das Rauchabzugsrohr, unter dem eine geheizte Lokomotive steht, ganz offen ist, z. B. bei einer Lokomotive, deren Kurs beendet ist und bei der deshalb das Feuer langsam ausgehen soll. Das Gleiche gilt für eine Lokomotive, deren Feuer eben erst gereinigt worden ist und bis zur nächsten Fahrt still gehalten werden soll. In solchem Falle ist es möglich, die Flügel, die Haube oder den Trichter etwas anzuheben, womit die Drosselklappe schon einen erheblichen Teil des Rohrquerschnittes abschliefst. Auf das Feuer der Lokomotiven, die zur Abfahrt hergerichtet werden sollen, wirkt der Zug unter den ganz herabgelassenen Flügeln stark anfachend. Wird der Abschlufs des Abzugsrohres nicht zwangsweise von der Stellung des Trichterrohres abhängig gemacht, so wird das Bedienungspersonal in den meisten Fällen das Öffnen und Schliefsen der Abschlufsklappe vergessen.

Das Gegengewicht, das mittelst der Drahtseile die Flügel, die Hauben oder den Trichter hochzieht, mufs so eingestellt sein, dafs die Aufwärtsbewegung der Flügel usw. nicht ruckartig und plötzlich geschieht, da sonst Beschädigungen an den Gelenken und ein Zerreifsen der Drahtseile stattfinden. Die Art der Sperre des Gegengewichts und deren Auslösung haben sich einzelne Firmen patentieren lassen.

Die Rauchkanäle, an die die Abzüge angeschlossen werden, sind zuerst aus Eisenblech angefertigt worden, die aber bald von den Rauchgasen zerfressen waren. Mehrere Firmen haben dann zu den Rauchkanälen Gerippe aus Winkeleisen angefertigt, in deren Felder Asbestzementplatten (Eternit, Fulgurit usw.) eingesetzt wurden; diese Füllung kann indessen auch von verschiedener Güte sein, je nachdem lang- oder kurzfaseriger Asbest dazu verwendet wird.

Wenn der Rauchkanal an das Dachgebälk angehängt wird, mufs sein Gewicht möglichst gering sein. Man versuchte deshalb die Auskleidungsplatten möglichst leicht und dünn zu machen. Dieser Vorgang verlangt dann besten Baustoff; doch darf dieser nicht unter eine gewisse Dicke, 10 bis 12 mm, gebracht werden schon wegen der Handhabung der Platten und der Temperatur der vorbeiziehenden Gase. Der Baustoff mufs hart sein; es dürfen sich keine Risse in den Platten bilden. Auch müssen die Platten gegen feuchten Dampf widerstandsfähig sein.

Neuerdings versuchen einzelne Firmen Rauchkanäle aus Holz, das mit Wasserglas und ähnlichen Mitteln getränkt ist, mit einer Feuerschutzfarbe angestrichen wird, einzuführen. Hierfür gilt das im Anfang für die hölzernen Rauchfänge Gesagte.

Der Feuerschutzanstrich macht das Holz wohl auch bei höheren Hitzegraden für längere Zeit unentflammbar. Die Tränkung verleiht ihm einen Schutz gegen Fäulnis.

Trotz der sorgfältigen Bearbeitung und Behandlung des Holzes mufste aber ein Holzkanal nach vier Jahren abgebrochen und durch einen Kanal mit Eternitplatten ersetzt werden, da die Bretter der Seitenwandungen auf der Innenseite 2 bis 3 cm tief verkohlt und die des Bodenbelags durch das Niederschlagwasser angefault waren.

In das Gerippe eines Kanals, der während des Krieges hergestellt und mit mangelhaftem Fulgurit ausgekleidet worden war, wurden, da die Fulguritplatten bald brüchig geworden waren, Platten aus feuersicherem Holze eingesetzt.

Die Holzplatten mit 30 mm Wandstärke verengten den Durchgang des vorher 90×64 cm weiten Kanals um 12 %. Da der Luftzug im Kanal entsprechend vermindert wurde, mufste dieser durch Erhöhung des Schornsteins verstärkt werden. Abgesehen von dem gröfseren Widerstand der rauheren Fläche der Holzwandung des Kanals gegenüber der glatten Fläche eines Eternitkanals fällt bei gleichem freien Querschnitt der Holzkanal auch viel massiger aus.

Andere Firmen haben die Kanäle aus Eisenbeton hergestellt. Diese werden indessen so schwer, dafs sie nicht mehr an das Dachgebälk angehängt, sondern auf Tragstützen gelegt werden müssen. Aufser der heifsen Luft, dem Rufs, der Flugasche und dem Wasserdampf ziehen Kohlenoxyd, Kohlensäure, verschiedene Kohlenwasserstoffe, schweflige und Schwefelsäure durch den Kanal.

Durch die Ausdehnung des Eisenbetons in der Hitze entstehen, auch wenn ein sorgfältiger Glattstrich vorgenommen worden ist, feine Risse, in die die Schwefelsäure eindringt und der Eisenbeton wird zerfressen und brüchig. Das gleiche gilt für die Asbestzementplatten, wenn nicht langfaseriger Asbest in ausreichender Menge verwendet wird und die Platten hart genug geprefst werden. Die Erfahrungen mit den Eisenbetonkanälen sind nicht günstig. Man ist deshalb in letzter Zeit dazu übergegangen, gemauerte Kanäle auszuführen, z. B. Erfurt, Kaiserslautern. Diese sind teuer, aber haltbar. Werden die Seitenwände in ½ Steinstärke aus gebrannten Lochsteinen hergestellt, so werden als Decke Bimsbetonplatten aufgelegt. Die gemauerten Kanäle, die quer zu den Gleisen hergestellt werden, ruhen in den Gleiszwischenräumen auf Tragstützen.

Die Rauchkanäle erhalten Einsteigöffnungen mit eisernen Rahmen und verkleideten Türen, gufseiserne Rauchrohranschlüsse und Anschlüsse für die Aschfallrohre. Diese werden von den Firmen, die die Rauchtrichter usw. herstellen, mitgeliefert und müssen rechtzeitig bestellt werden, damit sie bei dem Bau der Kanäle nach den Angaben der Firmen eingemauert werden können.

Von dem Vorhaben, die Rauchkanäle über das Dach des Lokomotivschuppens zu legen, mufs wegen des grofsen

*) Engineering März 17., 1882, S. 240; Febr. 26., 1897, S. 276.

**) Der deutsche Eisenbahner Nr. 12 vom 21. März 1926.

Temperaturunterschiedes im Innern und an der Aufsenwand des Kanals entschieden abgeraten werden. Im Winter sickert das Schneewasser in die Kanäle ein. Durch die starke Abkühlung der Aufsenwand wird der Zug im Kanal wesentlich verringert. Im Innern des Lokomotivschuppens untergebracht, trägt der Rauchkanal im Winter auch zur Erwärmung der Luft im Schuppen angenehm bei.

In dieser Beziehung sind die gemauerten Kanäle die vorteilhaftesten. Die Instandhaltung der Rauchabzuganlage erfordert besondere Aufmerksamkeit. Es dürfen die Putztüren, die der Kaminfeger oft zu schliefsen vergifst, nicht offen stehen. Bisweilen fehlen die Verschlufskapseln der Rufsabfallrohre; die Abzugtrichter sind nur halb in die Höhe gezogen oder die Abschlufsklappe in den Flügeltrichtern abgehängt und offen.

Alle diese Übelstände beeinträchtigen den Zug des Schornsteins und damit auch den Abzug der Rauchgase aus dem Lokomotivschornstein, der unter einem offenen Rauchabzug steht. Das Schuppenpersonal mufs deshalb im Interesse seiner eigenen Gesundheit darauf achten, dafs die Rauchabzuganlage im Lokomotivschuppen in Ordnung gehalten wird.

Die im Freien stehenden Lokomotiven können auch unter Rauchabzüge gestellt werden, die an besonderen Gerüsten angehängt sind. Durch Rohre werden sie an die Rauchkanäle im Innern des Schuppens angeschlossen.

Solche Anlagen im Freien ohne Schuppen sind in Frankreich von der Firma Schwahl ausgeführt worden.

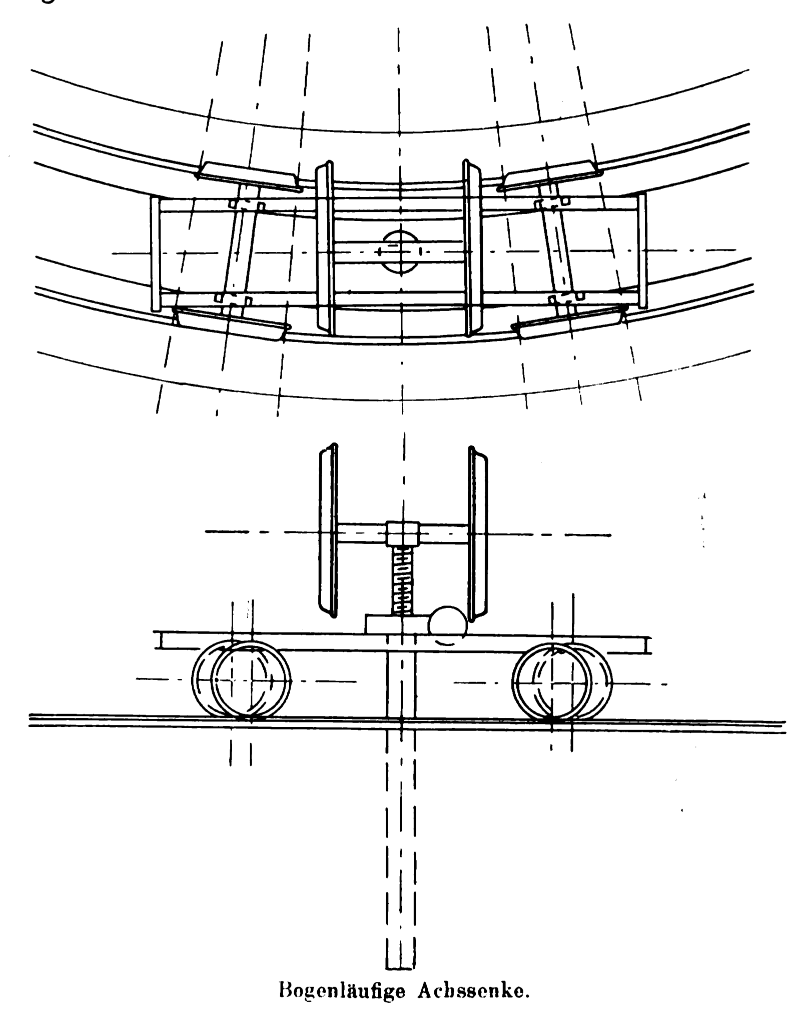
Die Bauart des Schuppens entscheidet auch über die Anzahl und den Standort der Schornsteine, die den Rauch in die Höhe abzuführen haben. Die Kanäle dürfen nicht in der Richtung des Halbmessers in den Schornstein einmünden, sondern nehmen, wie die Anschlüsse der Abzugsröhren zum Kanal, eine schräge Lage in der Richtung des Luftzuges ein. Auch sollen nicht zwei Kanäle im Schornstein gerade gegenüber einmünden, sondern in der Höhenlage etwas versetzt sein.

Die Gröfse und Weite des Schornsteines und der Kanäle werden von den Firmen, die die Trichter liefern, nach ihren Erfahrungen angegeben. Sie können nicht nach dem Mafse sämtlicher angeschlossener Abzugsrohre berechnet werden, da ja nur selten unter allen Abzügen geheizte Lokomotiven stehen. (Berechnung der Schornsteine, Organ 1915, S. 404.) Auch die Verteilung der Rauchabzüge an die Kanäle wird meist von den Trichterfirmen bestimmt. Die Schornsteine können einwandig aus Ziegelsteinen oder doppelwandig mit Luftschicht dazwischen aus geformten Betonsteinen hergestellt werden. Jedenfalls mufs darauf geachtet werden, dafs die Lichtweite nicht zu klein bemessen wird. Bei kleinen Lokomotivschuppen in Landorten wird man von Anlagen mit Rauchkanal und Schornstein absehen hönnen. Für die Arbeiter des Schuppens ist es aber in gesundheitlicher Beziehung von grofsem Wert, wenn statt der offenen Rauchfänge geschlosssene Trichter angebracht werden, die verhindern, dafs Rauch in den Schuppen gelangt, die ferner im Winter die Rauchabzugsrohre selbsttätig abschliefsen und damit den Schuppenraum warm halten.

Bogenläufige Achssenke.

In kreisförmigen Lokomotivschuppen müssen die zum Auswechseln von Radsätzen eingebauten Achssenken auf einem Bogengleis in der Achsgrube verschoben werden, um die Radsätze zum Zweck der Weiterbeförderung vom Hebegleis auf das benachbarte Gleis zu verbringen. Der Halbmesser dieses Bogengleises ist verhältnismäfsig klein, er ist meist nur 40 bis 50 m und die Achsenke ist daher, wenn sie mit einem schweren Radsatz von 3 bis 4000 kg belastet ist, wegen des Krümmungswiderstandes nur schwer verschiebbar. Der Krümmungswiderstand rührt davon her, dafs die Laufachsen der Achssenke parallel angeordnet und die äufseren und inneren Laufräder mit gleichem Durchmesser ausgeführt zu werden pflegen. Die Räder müssen daher bei der Kurvenbewegung auf den Schienen gleiten, sowohl in Richtung des Gleises wie quer dazu, und die dabei auftretende Reibung verursacht den Krümmungswiderstand. Da nun solche Achssenken stets nur auf einem gekrümmten Gleis verschoben werden, so läfst sich der Krümmungswiderstand in einfacher Weise beseitigen, indem man die Achsanordnung dem Bogengleis anpafst, so dafs der natürliche, freie Lauf des Achssenkengestells in einem Kreise des gegebenen Durchmessers vor sich geht (s. Abb.). Man braucht dazu nur den Laufachsen die Richtung nach dem Bogenmittelpunkt (d. i. der Drehscheibenmittelpunkt) zu geben und die Laufkreise des äufseren und inneren Rades jeder Achse so zu bemessen, dafs sie einem Kegelmantel angehören, dessen Spitze in der Drehscheibenachse liegt. Die Verschiedenheit der Durchmesser macht wenige mm aus, ebenso ist die Verschiebung der Lager zur Erzielung der Winkelstellung nicht beträchtlich, so dafs die Änderung auch an schon vorhandenen Achssenken leicht ausgeführt werden kann. Die Verringerung des Durchmessers an den inneren Laufrädern kann durch Beilagen unter den Lagern ausgeglichen werden, so dafs die wagrechte Lage des Untergestells nicht geändert wird. Bei einigen solcher Achssenken bei Betriebswerken im Reichsbahndirektionsbezirk Nürnberg wurden solche Änderungen durchgeführt. Es hat sich dabei eine erhebliche Verminderung der Bewegungswiderstände ergeben.

Dr. Ue.



Bogenläufige Achssenke.

Eine neue Gasprefspumpe.

Von Ing. **Hermann Klitzing**, Berlin-Lichterfelde.

Bekanntlich mufs den in gröfserer Entfernung von den Ölgasanstalten liegenden Zugbildungsbahnhöfen das zur Füllung der Züge erforderliche Ölgas durch Gaskesselwagen zugeführt werden. Um unnötige Wagenläufe zu vermeiden, müfste jeder Füllbahnhof mit einer ortsfesten Überprefsanlage ausgerüstet werden, da bei einfachem Überströmen des Gases stets nur ein Druckausgleich zwischen dem Kessel des Wagens und dem Vorratkessel erfolgt, d. h. ein Gaskesselwagen mit 45 m^3 Inhalt und 15 at Überdruck wird bei Vorhandensein eines Vorratkessels von ebenfalls 45 m^3 Inhalt im Höchstfalle bis auf 7,5 atü entleert. Es werden also jedesmal $45 \cdot 7{,}5 = 337{,}5$ m^3 Gas wieder zur Gasanstalt zurückbefördert.

Trotz dieser unwirtschaftlichen Betriebsweise kann einer Ausrüstung sämtlicher Füllbahnhöfe mit Überprefsanlage wegen des bedeutenden Kapitalaufwandes nicht nähergetreten werden.

Das Eisenbahnzentralamt ist daher seit längerer Zeit bemüht gewesen, die mafsgebende Industrie zu veranlassen, ein leichtes, betriebssicheres und wirtschaftlich arbeitendes Pumpenaggregat zu konstruieren, das in seinen Ausmafsen so gehalten ist, dafs es unter Einhaltung des Lichtraumes mit dem Untergestell der Gaskesselwagen in feste Verbindung gebracht werden kann. Hierdurch sollte erreicht werden, dafs ein Gaskesselwagen, der mit einer derartigen Überprefsanlage ausgerüstet ist, während seines Umlaufes eine gröfsere Anzahl Verbrauchsstellen mit verhältnismäfsig geringem Bedarf berührt, in jede Vorratkesselanlage die benötigte Gasmenge durch Überpumpen abgibt und, restlos entleert, der Gasanstalt wieder zuläuft.

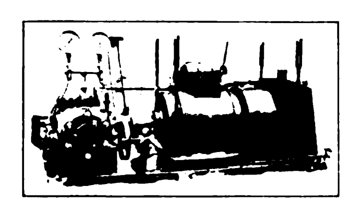


Abb. 1.

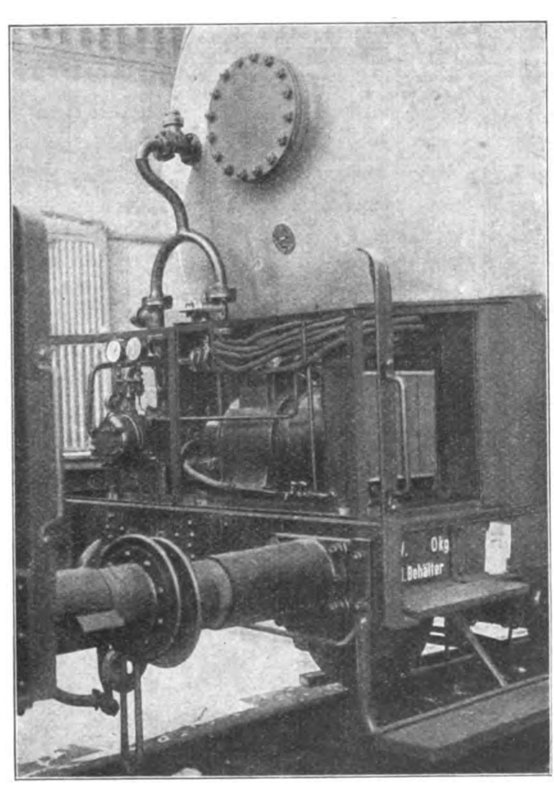


Abb. 2.

Eine derartige Überprefspumpe mit elektrischem Antrieb ist von der Gesellschaft für maschinentechnische Ausführungen in Berlin (Gefma) entworfen und ausgeführt worden. Die erste Versuchsmaschine ist in Abb. 1 dargestellt. Eine betriebsfertig eingebaute Maschine zeigen die Abb. 2 und 3. In Abb. 2 sind die Bleche des Schutzkastens entfernt, um die Anordnung sichtbar zu machen. Der Maschinensatz besteht aus Kompressor, Motor und Kühler, die durch eine gemeinsame Grundplatte verbunden sind. Motor und Kühler haben eine gemeinsame Welle, während der Kompressor durch eine Fliehkraftkupplung mit dem Motor verbunden ist. Der Kompressor ist liegend angeordnet. Der Motor ist für Drehstrom von 220 und 380 V verwendbar. Die gewünschte Spannung kann den Bahnhofsverhältnissen entsprechend durch einfaches Umlegen eines Handhebels eingestellt werden. Eine Anlafsvorrichtung ist nicht vorhanden. Mit dem Motor ist ein genügend langes Kabel verbunden, dessen Stecker mit einer auf jeder Verbrauchstelle anzubringenden Steckdose verbunden werden mufs. Die Maschine ist mit Dauerschmierung ausgerüstet.



Abb. 3.

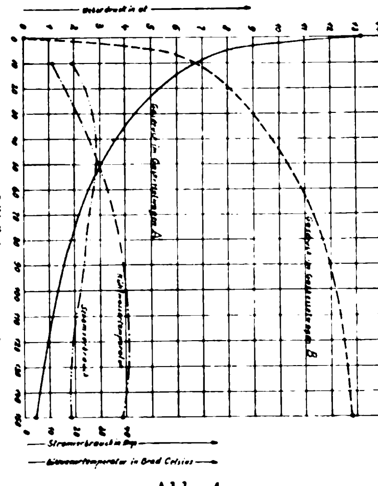


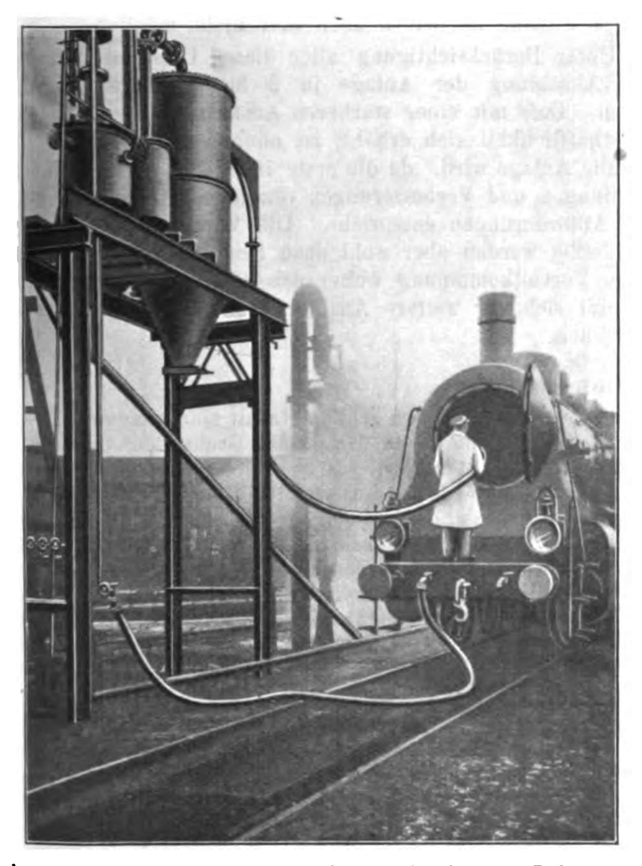
Abb. 4.

Die Überprefspumpe wurde kürzlich durch die Reichsbahndirektion Berlin erprobt. Sie wurde zu diesem Zweck auf den Fufsboden gesetzt und genügend verankert. Für die Versuche wurden zwei 45 m^3-Gaskesselwagen bereitgestellt. Der erstere Wagen war mit Gas von 13,2 atü gefüllt, während der zweite Wagen leer war. Während der ersten 10 Minuten wurde das Überfüllen des Gases durch einfaches Überströmen vorgenommen, bis ein Druckausgleich erreicht war; dann wurde die Pumpe in Tätigkeit gesetzt. Nach Verlauf von weiteren 2 Std. $19^3/_4$ Min. löste die Maschine selbsttätig aus, da der Überdruck des auszupumpenden Wagens auf 0,4 at gesunken war. Die Kühlwassertemperatur stieg langsam auf 41°, um gegen Ende des Versuches wieder zu fallen. Der Stromverbrauch stieg anfangs schnell an, um bei den höheren Drücken und geringer werdenden Fördermengen langsam wieder abzunehmen. Der Verlauf der Gasdrücke, des Stromverbrauchs und der Kühlwassertemperatur sind in Abb. 4 dargestellt.

Über eine neue Anlage zur Absaugung von Rauchkammerlösche aus Lokomotiven.

Von Reichsbahnrat **A. Vollmayr**, Weiden.

Die Wirtschaftlichkeit der Zugförderung wird in der letzten Zeit mit Recht durch möglichst lange Lokomotivläufe zu fördern gesucht. Dies ist auch durch die gröfseren Vorräte an Wasser und Kohlen bei den neueren Lokomotiven, den geringeren Dampfverbrauch, die Kipproste usw. ermöglicht. Man wird also auch auf den übrig bleibenden Stützpunkten (Lokomotivend- oder Umkehrstationen) die Lokomotivbehandlung nach Möglichkeit abzukürzen haben. Zusammen mit dem gleichfalls vorhandenen Streben nach weitgehender Personaleinsparung führt dies dazu in höherem Mafse maschinelle Anlagen für die Lokomotivbehandlung zu verwenden. Solche sind heute für die Bekohlung, für die Entschlackung und Besandung fast bei allen Bahnbetriebswerken schon vorhanden. Verhältnismäfsig wenig Anlagen dürften jedoch vorhanden sein für die mechanische Entfernung der Rauchkammerlösche. Eine solche Anlage ist im »Organ für die Fortschritte des Eisenbahnwesens« 1923,



Anlage zum Absaugen von Rauchkammerlösche aus Lokomotiven.

Heft 7, neben anderen Lokomotiv-Behandlungsanlagen des Bahnbetriebswerkes Würzburg beschrieben.

Beim Bahnbetriebswerk Weiden (Opf.) ist seit Ende 1926 ebenfalls eine solche Anlage vorhanden, welche nach Beseitigung von einigen, anfänglich aufgetretenen Mängeln, besonders in den Absaugeorganen, nunmehr in regelmäfsigen Betrieb genommen werden konnte. Sie besteht aus einer Dampfstrahlpumpe (siehe Abb.), mit welcher unter Zwischenschaltung eines Nafsfilters aus dem Löschebehälter von etwa 2,4 m³ Rauminhalt die Luft abgesaugt wird, sowie den zugehörigen Rohren, Krümmern und Ventilen. Das Ganze wurde auf einem Gestell aus Winkeleisen so hoch aufgestellt (3,7 m über SO) dafs nach Öffnen eines Schiebers im unteren Teile des Löschbehälters noch genügend Gefälle bleibt, damit die Lösche auf einen im vorbeiführenden Gleis stehenden Müllwagen in einer Blechrinne von selbst abfliefsen kann.

Nach Anschlufs des Gummischlauches, welcher mit der zur Strahlluftpumpe führenden Leitung verbunden ist, an den Heizungsanschlufs der Lokomotive und Öffnen der Rauchkammertüre wird durch Einlassen von Dampf in die Heizleitung der Lokomotive die Strahlpumpe in Tätigkeit gesetzt und mit dem in die Rauchkammer eingeführten vorderen Ende des beweglichen Absaugeschlauches in die Lösche abgesaugt. Die hierfür nötigen Zeiten sind je nach dem vorhandenen Dampfdruck verschieden, die Ergebnisse eines Versuches hierüber sind in der folgenden Zusammenstellung aufgeführt.

Dampfdruck in der Heizleitung der Lokomotive at/ü	Löscheförderung je Zeiteinheit kg/min
2	20
3	33,3
4	37,5
5	50,0

Die spezifische Leistung steigt also genau mit dem Dampfdruck. Die Gesamtzeit hängt natürlich von der Menge der in der Rauchkammer vorhandenen Lösche und diese wiederum von der verwendeten Kohle, von der Lokomotivtype, von der vorhergegangenen Kesselleistung, von den Streckenverhältnissen usw. ab.

Auch die Geschicklichkeit des Bedienungsmannes der Absaugeanlage spielt eine grofse Rolle. Zu den nach der obigen Zusammenstellung sich ergebenden Zeiten kommen dann für das An- und Abkuppeln des Dampfschlauches, für das Öffnen und Schliefsen der Rauchkammertüre noch 3 bis 5 Minuten. Eine wesentliche Beschleunigung der eigentlichen Entlöschung tritt, wenigstens nach den bis jetzt gemachten Erfahrungen, also nicht ein; dagegen entfällt die Arbeit des Aufladens. Zeitweise Störungen sind dadurch eingetreten, dafs der Bedienungsmann durch zu tiefes Hineinstofsen des am Absaugeschlauches angebrachten Mundstückes den Zutritt der Luft absperrte und anderseits eine zu grofse Menge Lösche auf einmal ansaugte, wodurch eine Verstopfung eintrat. Durch einen geeigneten, jedoch genügend leichten Absaugekopf — der erste gelieferte war zu schwer — mufs eine gewisse Unabhängigkeit von der Geschicklichkeit des Arbeiters erreicht werden. Das Einfrieren einzelner Teile ist schon vorgekommen, es ist jedoch zu sagen, dafs sich dies bei entsprechender Aufmerksamkeit des Bedienungspersonal hätte vermeiden lassen. Besondere Schwierigkeiten sind von dieser Seite nicht zu erwarten, besonders wenn die Anlage gut ausgenützt ist. Wünschenswert wäre es, wenn der Dampf statt aus der zu reinigenden Lokomotive aus einer etwa für andere Zwecke des Bahnbetriebswerkes schon vorhandenen ortsfesten Kesselanlage zur Verfügung stünde, weil dadurch die Arbeit des An- und Abkuppelns des Gummischlauches an die Heizleitung der Lokomotive wegfallen würde und auch die Abhängigkeit von dem jeweiligen Kesseldruck der Lokomotive. Um Schwierigkeiten bei zu starkem Einnässen der Rauchkammerlösche zu vermeiden, wurden die Führer angewiesen, kurze Zeit vor der Fahrt an den Putzgraben die Rauchkammer nicht mehr zu nässen. Bei dieser Vorsorge dürften Schwierigkeiten durch zu nasse Lösche nicht zu befürchten sein. Es erscheint ferner wünschenswert, an verschiedenen Stellen Anschlüsse für die Absaugung vorzusehen, damit die Lokomotive während der Zeit, in welcher sie auf dem Putzgraben Wasser fafst, sofort nach dem Entschlacken entlöscht werden kann, ohne, wie es bisher der Fall war, noch einmal verfahren werden zu müssen. Bei der Aufstellung der vorliegenden Anlage konnte dies wegen der be-

schränkten Platzverhältnisse und wegen der unzureichenden Mittel nicht mehr berücksichtigt werden. Es ist jedoch beabsichtigt, im Laufe der Zeit die fehlenden Anschlüsse noch anbringen zu lassen, desgleichen soll an die gleiche Dampfstrahlpumpe noch ein Sandbehälter für trockenen Sand angeschlossen werden, so dafs auch die Besandung der Lokomotive gleichzeitig mit der Beseitigung der Lösche auf mechanischem Wege vorgenommen werden kann.

Wenn auch ein endgültiges Urteil wegen der noch kurzen Zeit der Inbetriebnahme nicht möglich ist, so kann doch festgestellt werden, dafs die Arbeit des Wiederaufladens der früher mit der Schaufel aus der Rauchkammer auf den Boden geworfenen Lösche vollkommen eingespart werden kann Nach den bisherigen Gedingesätzen war für das Reinigen einer Rauchkammer 0,12 Std., also bei einem durchschnittlichen Anfall von 33 kg je Lokomotive 3,64 Std. für 1 t Rauchkammerlösche bewilligt, ferner für das Aufladen von 1 m³ Lösche (0,47 t) 0,7 Std. also 1,4 Std. je 1 t aufgeladener Lösche. Bei dieser Arbeit tritt eine starke Staubentwicklung auf, welche nunmehr vollkommen entfällt; desgleichen war im Falle der Ausschaufelung die körperliche Anstrengung des Arbeiters gröfser. Infolge der Erleichterung derselben bei der mechanischen Absaugung konnte diese Arbeit einem mit Bedienung der benachbarten Drehscheibe und des Wasserkranens betrauten Arbeiter noch mit übertragen werden, sodafs ein Mann eingespart wurde, was allerdings nicht voll auf die Rechnung der Entlöschungsanlage zu setzen ist.

Die genannten Vorteile lassen sich, wie aus dem Gesagten hervorgeht, nicht leicht in Zahlen ausdrücken. Der Wirtschaftlichkeitsrechnung, die vor Beschaffung der Anlage aufgestellt wurde, wurde nur ein Zeitgewinn (für das eingesparte Wiederaufladen der Lösche, dann für die Möglichkeit der besseren Einteilung der Arbeit) von 5 Min. für eine behandelte Lokomotive, also bei 80 Lokomotiven im Tag, 400 Arbeitsminuten oder in 365 Tagen von 2432 Arbeitsstunden zu 0,6 *M* = **1460** *M* im Jahr zugrunde gelegt.

Diesen Einsparungen steht ein Kapitalaufwand von rund 2400 *M* für Beschaffung und Aufstellung gegenüber.

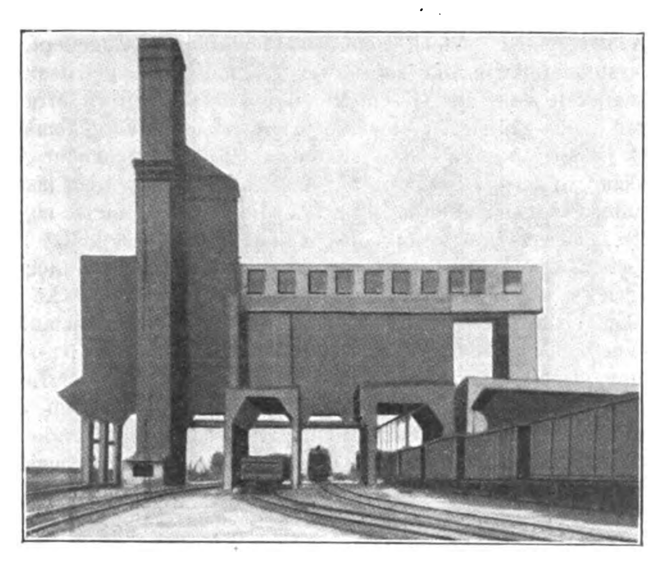
Eine Feststellung der verbrauchten Dampfmenge je 1 kg geförderter Lösche konnte wegen Fehlens eines geeigneten Dampfmessers nicht gemacht werden. Es ist jedoch wohl ohne weiteres ersichtlich, dafs diese Menge nur verhältnismäfsig gering ist, so dafs sie gegenüber den unvermeidlichen Verlusten der Lokomotive (z. B. an den Stopfbüchsen, durch Abkühlung der Feuerbuchse durch zu langes Stehen im Freien usw.) wohl überhaupt vernachlässigt werden kann. Erheblicher ins Gewicht fällen wohl die Ausgaben für die notwendigen Ausbesserungen der Anlage, besonders nach der Neueinführung, wo noch mit ungeschickter Behandlung durch das Personal dieser Beschäftigungsgruppe gerechnet werden mufs. Eine genau zahlenmäfsige Angabe ist jedoch auch hier nicht möglich.

Unter Berücksichtigung aller dieser Umstände kann mit einer Abzahlung der Anlage in 2 bis 3 Jahren gerechnet werden. Dafs mit einer stärkeren Ausnützung der Anlage, die Wirtschaftlichkeit sich erhöht, ist ohne weiteres klar.

Die Anlage wird, als die erste ihrer Art, wohl noch einige Wandlungen und Verbesserungen durchmachen müssen, bis sie allen Anforderungen entspricht. Die Vorteile der Absaugung der Lösche werden aber wohl dazu beitragen, dafs man gerne an der Vervollkommnung weiter arbeitet; die vorwürfige Form empfiehlt sich für weitere Ausführungen vor allem durch ihre Einfachheit.

Bemerkenswerte Bekohlungsanlage.

Die Reading-Eisenbahn erbaute im letzten Jahr zu Rutherford in Pennsylvanien eine Bekohlungsanlage aus Beton (siehe Abb.), welche in mancher Hinsicht wegen ihrer Einrichtungen zum Mischen und Messen der Kohlen von Interesse ist. Da sie an Stelle einer bestehenden veralteten Anlage aus Holz errichtet werden mufste, konnte sie nur in zwei Abschnitten erbaut werden; jedoch konnten schon mit der einen Hälfte in 24 Stunden 129 Lokomotiven abgefertigt werden, was ungefähr der jetzigen Belastung der alten Anlage entspricht.



Amerikanische Bekohlungsanlage.

Die Kohlenbunker haben ein Fassungsvermögen von 2000 t und bedienen sechs Lokomotivgleise. Die Einrichtungen zum Mischen, Brechen und Fördern der 112 t Kohlen in der Stunde sind doppelt vorhanden. An allen Gleisen kann die für einen Tender benötigte Menge von $8^1/_2$ t in $2^1/_2$ Minuten gleichzeitig abgegeben werden. Mit der Anlage ist auch eine Besandungseinrichtung verbunden.

Die zwölf Bunker von je 170 t Inhalt sind paarweise oberhalb der Gleise angeordnet; von den beiden Gruben der Selbstentlader dient die eine für Anthrazit, die andere für Gasflammkohle. Zum Mischen der verschiedenen Sorten fallen die Kohlen in einem einstellbaren Verhältnis über einen Brecher dem Zubringer für die Eimerkette zu, welch letztere die Kohlen in die Hochbunker fördert, wobei die einzelnen Becher durchschnittlich zu 97 v. H. gefüllt werden. Durch einen Nebenauslafs kann der Brecher umgangen werden, wenn eine Zerkleinerung der Kohlen überflüssig wird. Die Mischeinrichtung besonderer Bauart ergab eine so gute Vermischung der Sorten, dafs man eine beträchtliche Brennstoffersparnis im Lokomotivbetrieb erzielte. Jede der beiden endlosen Eimerketten läuft über den Zubringer zum Turm und über die Bunker zurück. Die 100 Becher mit je 112 kg Inhalt werden durch von Hand einstellbare Anschläge über den zu füllenden Bunkern gekippt.

Zum Bekohlen der Lokomotiven ist der Öffnung am Boden jedes Bunkers eine Wiegevorrichtung, eine Abschlufsklappe und eine Schüttrinne vorgeschaltet. Letztere gibt jedesmal eine Tonne ab, wenn sie in die Stellung zum Beladen gebracht wird. An Stelle der mechanischen Betätigung der Schüttrinne kann auch Antrieb von Hand treten. Zwei kleine Dampfheizkörper an jeder Ausflufsöffnung verhindern das Einfrieren; gegen herabfallende Kohlen sind sie durch Bleche geschützt. Diese Anlage soll die erste sein, welche mit genauen Mefseinrichtungen versehen ist.

Die Besandungsanlage besteht aus zwei Schächten, von denen der eine den Aufzug für den nassen Sand enthält, während der andere den Behälter dafür bildet und etwa 300 t fafst. Der ankommende Sand fällt aus dem Selbstentlader in eine Grube unter dem zweiten Gleis, von wo ihn der Aufzug entweder den Sandtrocknern oder dem Nafsspeicher zuführt. Von ersteren gelangt der getrocknete Sand über Siebe durch die Schwerkraft in den Trockensandbehälter von 100 t Fassungsvermögen und von hier durch drei Hauptleitungen zu den sechs Gleisen.

Die ganze Anlage wird in der Regel von zwei Mann für jede der drei Bekohlungs- und Besandungsstellen und von drei bis fünf Mann für jede der Kohlen- und Sandentladestellen einschliefslich aller Nebenarbeiten bedient. **Bttgr.**

Railw. Age, 1. Hälfte 1927, Nr. 7.

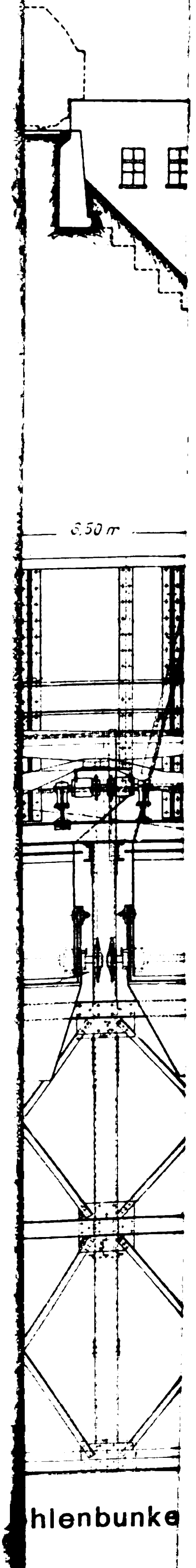
Für die Schriftleitung verantwortlich: Reichsbahnoberrat Dr. Ing. H. Uebelacker in Nürnberg. — C. W. Kreidel's Verlag in München.
Druck von Carl Ritter, G. m. b. H. in Wiesbaden.



Bahnho

Abb. 7.

M



hlenbunke

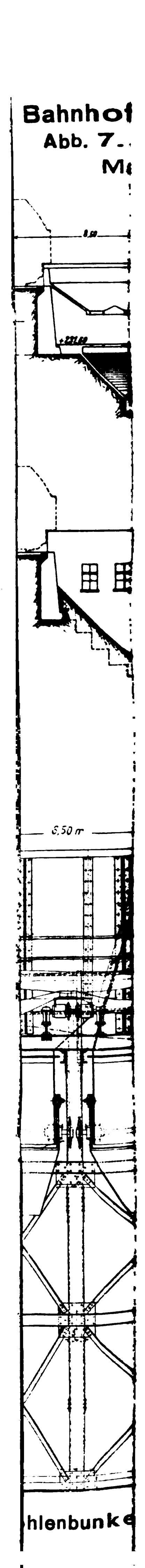
Abb. 5. Untersuchungsgrube.

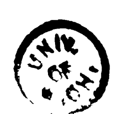
Abb. 4. Schienenbefestigung für die Schiebebühne.



Bahn
Abb

hlenb


Bahnhof
Abb. 7.
hlenbunke



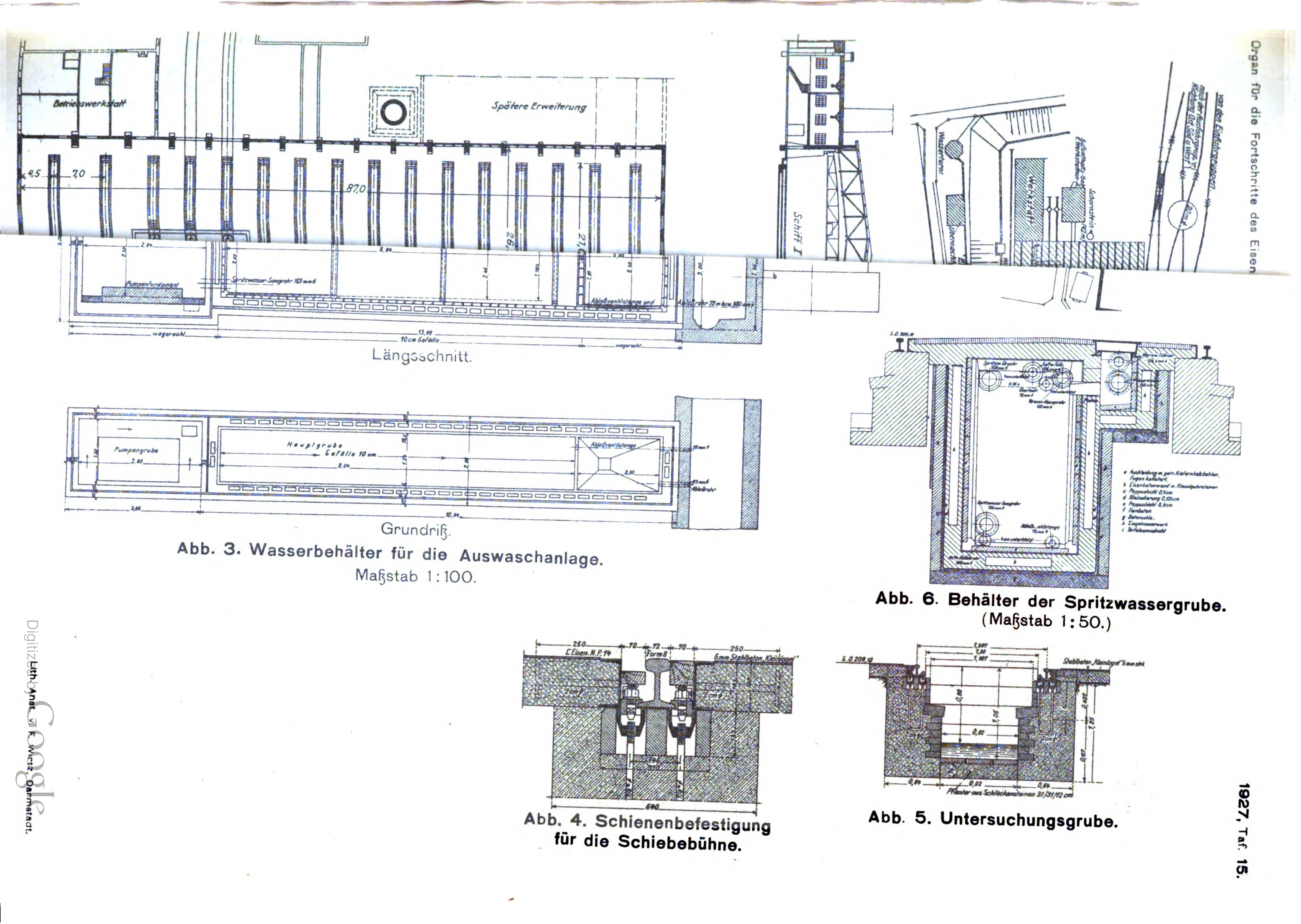


Abb. 3. Wasserbehälter für die Auswaschanlage. Maßstab 1:100.

Abb. 6. Behälter der Spritzwassergrube. (Maßstab 1:50.)

Abb. 4. Schienenbefestigung für die Schiebebühne.

Abb. 5. Untersuchungsgrube.

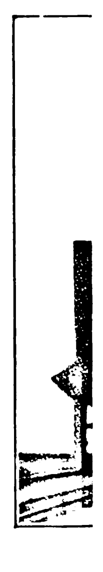
Lith. Anst. v. F. Wirtz, Darmstadt.

schränkten
Mittel nich
sichtigt, i
anbringen
strahlpump
schlossen v
gleichzeitig
Wege vorg

Wenn
Zeit der Ir
gestellt wei
mit der S
worfenen I
den bisheri
kammer 0
von 33 kg
bewilligt,
0,7 Std. a
Arbeit trit
vollkomme
die körperl
Erleichteru
konnte die
Drehscheib
mit übertr
was allerdi
anlage zu

Die g
hervorgeht,
lichkeitsrec
wurde, wu

Die R
in Pennsyl
welche in m
und Messen
bestehenden
konnte sie
schon mit d
werden, was



Die K
bedienen s
Brechen un
vorhanden.
Menge von
Mit der An

Für d

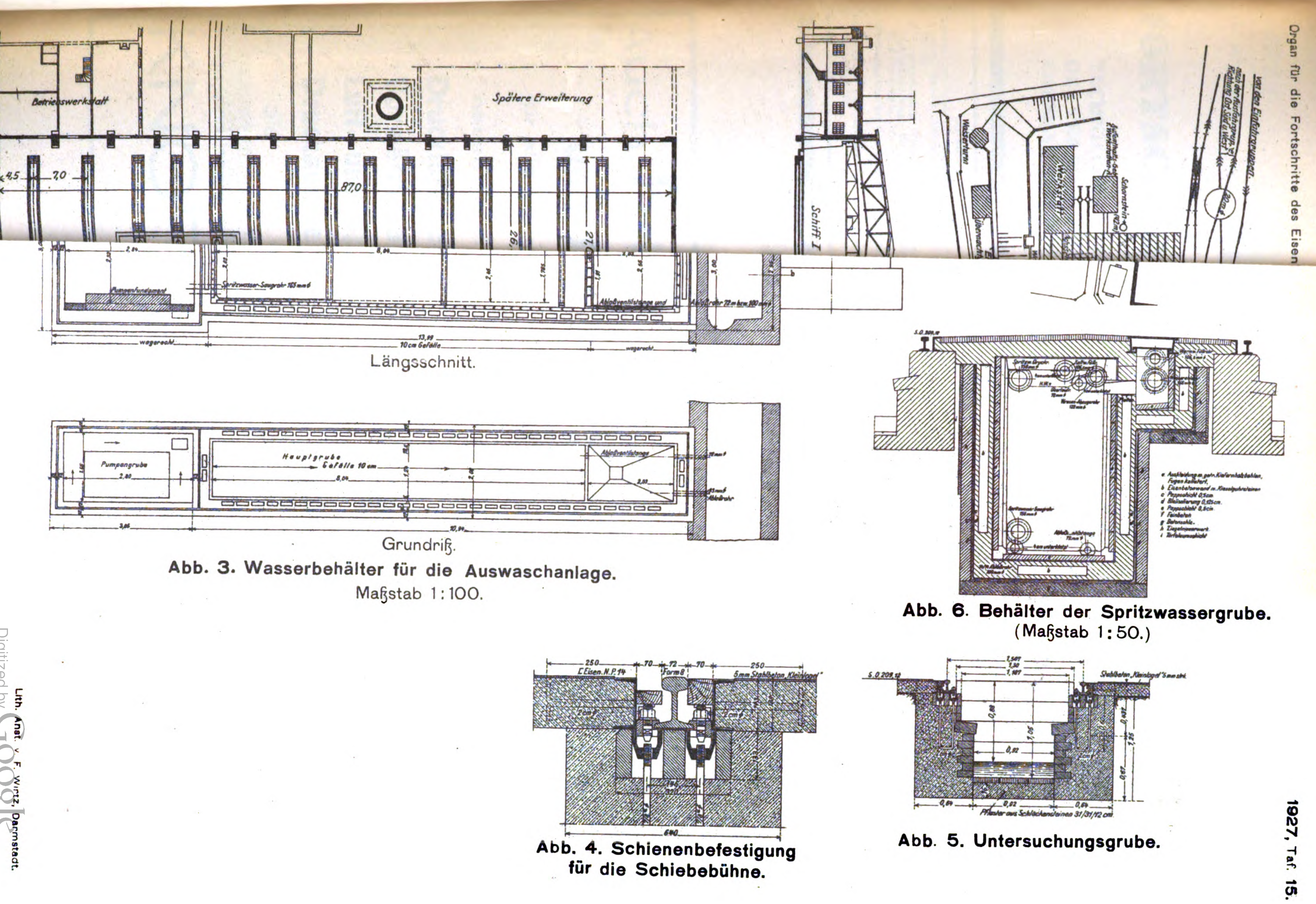


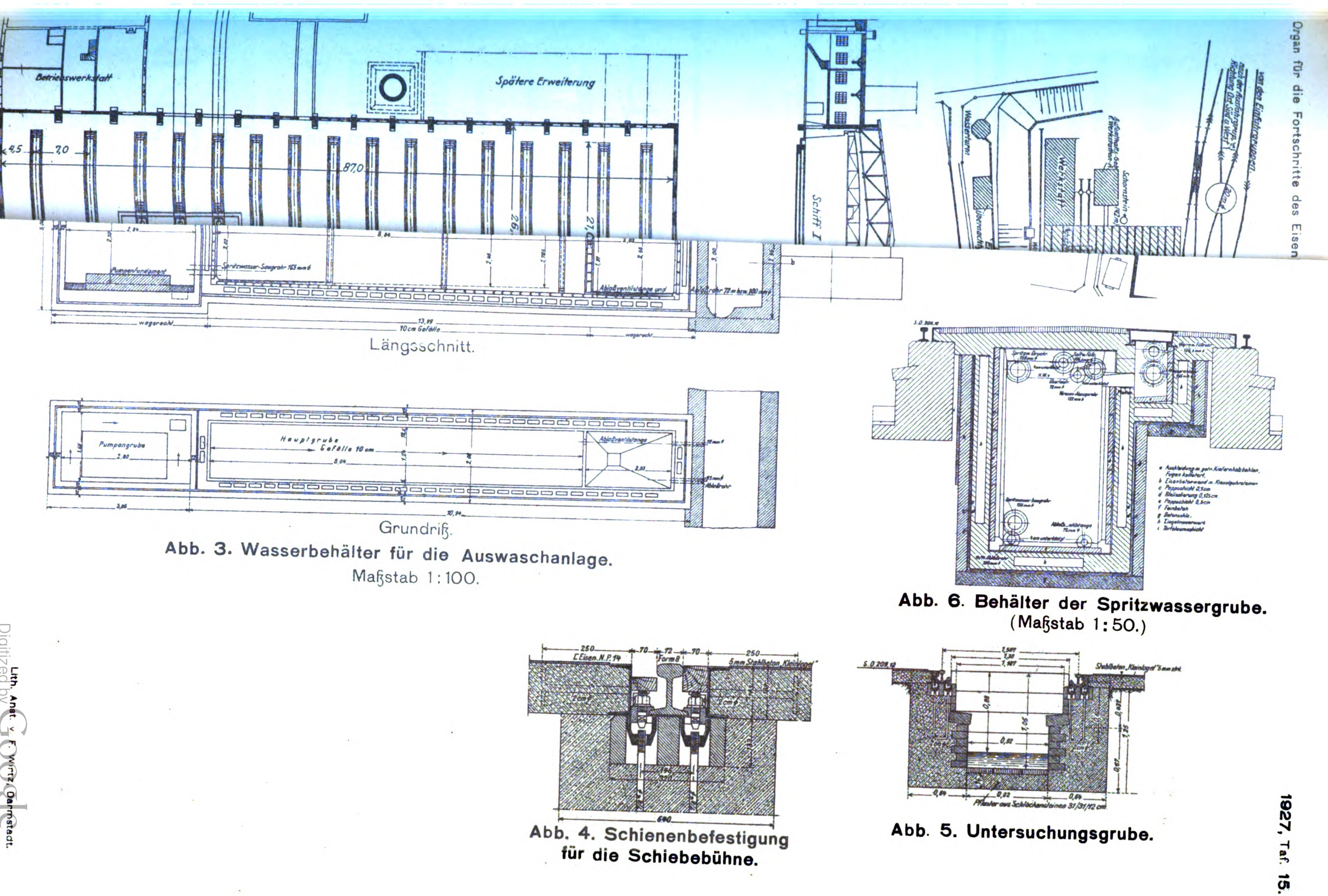
Abb. 3. Wasserbehälter für die Auswaschanlage. Maßstab 1:100.

Abb. 6. Behälter der Spritzwassergrube. (Maßstab 1:50.)

Abb. 4. Schienenbefestigung für die Schiebebühne.

Abb. 5. Untersuchungsgrube.

Lith. Anst. v. F. Wirtz, Darmstadt.



Längsschnitt.

Grundriß.

Abb. 3. Wasserbehälter für die Auswaschanlage. Maßstab 1:100.

Abb. 6. Behälter der Spritzwassergrube. (Maßstab 1:50.)

Abb. 4. Schienenbefestigung für die Schiebebühne.

Abb. 5. Untersuchungsgrube.

Lith. Anst. v. F. Wirtz, Darmstadt.

1927
82. Jahrgang.

Heft 7
15. April

ORGAN

FÜR DIE FORTSCHRITTE DES EISENBAHNWESENS

TECHNISCHES FACHBLATT DES VEREINS DEUTSCHER EISENBAHNVERWALTUNGEN



HERAUSGEGEBEN VON DR. ING. H. UEBELACKER
C. W. KREIDEL'S VERLAG · MÜNCHEN

Inhalt:

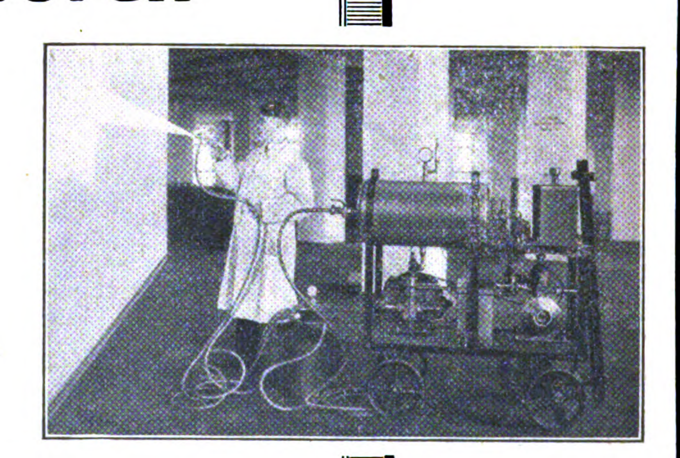
Versuche mit einer Kesselspeisewasser-Vorwärmpumpe, Bauart „Dabeg". J. Rihosek. 121. — Taf. 16.
Die wirtschaftlichen Vorteile der mechanischen Lagerschmierung für den Eisenbahnbetrieb. W. Friedrich. 125.
Auffrischung eiserner Oberbaustoffe. Kloevekorn. 126.
Einteilung der Personenbahnhöfe. Karl Günther. 130. — Taf. 17.
Normblätter für Anstrichmittel der Österreichischen Bundesbahnen. 131.

Kraftwagenverkehr. 132.
Omnibusverkehr der Norfolk Southern Bahn. 133.
Lange oder kurze Schwellen. 133.
Spitzkehre zum Wenden von Lokomotiven. 134.
Die neuen Einheitslokomotiven der Deutschen Reichsbahn-Gesellschaft. 134.
2 C 1 - h 2 Schnellzuglokomotive für die Brasilianische Zentralbahn, die 3000. Lokomotive der Linke-Hofmann-Lauchhammer A.-G. 135.
Der Pitkin-Gelenkstehbolzen. 136.
Zwei Neuerungen im Verschiebedienst amerikanischer Eisenbahnen. 136.
Gleisbremsen in französischen Verschiebebahnhöfen 137.

Besprechungen.

Hebe- und Förderanlagen. 137.

Verschiedenes. 138.



Organ für die Fortschritte des Eisenbahnwesens

Technisches Fachblatt des Vereins Deutscher Eisenbahn-Verwaltungen

Schriftleitung: Dr. Ing. H. Uebelacker, Nürnberg, unter Mitwirkung von Dr. Ing. A. E. Bloss, Dresden.

82. Jahrgang | 15. April 1927 | Heft 7

Versuche mit einer Kesselspeisewasser-Vorwärmpumpe, Bauart „Dabeg“.

Von Ing. **J. Rihosek**, Wien.

Hierzu Tafel 16.

Die Ausnützung der Abwärme aus dem Abdampf der Lokomotiven wird auf zwei Wegen erreicht, entweder durch Oberflächenerwärmung des kalten Speisewassers nach den Verfahren von Knorr (Deutschland) oder Cail-Potonié (Frankreich), oder durch unmittelbare Berührung des kalten Speisewassers mit dem Abdampf in der Abdampfstrahlpumpe von Metcalfe & Davies (England, verbessert durch die Firma Alex. Friedmann in Wien), der Dampfpumpe von Worthington (Amerika) und der Fahrpumpe der »Dabeg« A. G. (Österreich.)

Die Rückgewinnung der Abwärme aus den Abgasen ebenfalls zur Vorwärmung des Speisewassers, wurde in den letzten zehn Jahren versucht in Schweden von Arnberg, in Deutschland von Werle und in Österreich vom Verfasser. Wenn auch eine befriedigende Vorwärmung des Speisewassers durch solche Abgasspeisewasser-Vorwärmer immer gelingt, so macht, soweit dies die Erfahrungen in Österreich gezeigt haben, die Erhaltung der verhältnismäfsig engen und dünnen Rohre des Vorwärmers im Betriebe Schwierigkeiten. Anfängliche Mifserfolge sollten jedoch nicht ganz abschrecken, sondern zu verbesserten Bauarten der Vorwärmer Fingerzeige bieten. Eine Mischung der Rückgewinnung der Wärme aus Abdampf und Abgasen erstrebt der Vorwärmer von Borsig.

Auch eine Hintereinanderschaltung von Abdampf- und Abgasvorwärmer, zur weitgehendsten Rückgewinnung der Abwärme der Dampflokomotive, ist das Ziel mancher Bestrebungen. Die »Dabeg« -Maschinenfabrik A. G. (Wien) hat im Verein mit der Maschinenfabrik der Staats-Eisenbahngesellschaft eine Lokomotive erbaut, bei welcher diesen Bestrebungen dadurch Rechnung getragen wird, dafs das Speisewasser, welches durch eine »Dabeg« -Lokomotivfahrpumpe gefördert wird, vor Eintritt in den Kessel noch einen Speisewassererhitzer durchströmt, welcher aus Rohrschlangen besteht, die in die Rauchrohre des Kessels hineinragen. Dadurch wird das Speisewasser auf ungefähr 180 bis 200° C vor Eintritt in den Kessel erhitzt. Diese Lokomotive, eine E-h 2 Güterzuglokomotive, steht seit längerer Zeit mit sehr gutem Erfolge im Betriebe.

Auf die Möglichkeit einer hohen, bis an die Kesselwassertemperatur heranreichenden Vorwärmung des Speisewassers hat auch schon seiner Zeit Maschinendirektor a. D. Dr. Ing. K. Schlöfs in der Zeitschrift des österreichischen Ingenieur- und Architekten-Vereines 1921, Heft 48, hingewiesen. Ferner sind Patente von G. H. Willans und E. S. Luard (England) und R. House (Nordamerika) auf ähnliche Konstruktionen aus dem Jahre 1916 bekannt geworden.

Alle bisher eingeführten Vorwärmer-Arten ergeben im Dauerbetriebe einerseits für gleiche Leistung Brennstoffersparnisse, durch welche die Anlagen in wenigen Jahren abgeschrieben sind, so dafs sich darauf reine Geldersparnisse einstellen, andererseits wird bei gleichem Brennstoffverbrauch eine beträchtliche Leistungssteigerung der mit einem Vorwärmer ausgerüsteten Lokomotive erzielt, was ein Herabgehen der Zugförderungskosten zur Folge hat.

In Erkenntnis dieser Tatsachen hat die im Oktober 1923 geschaffene Generaldirektion der österreichischen Bundesbahnen den Entschlufs gefafst, die Vorwärm-Speisewasserpumpe der Bauart »Dabeg« im grofsen Umfange einzuführen, dabei jedoch zum Vergleiche auch eine Anzahl von Lokomotiven mit der Abdampf-Strahlpumpe Bauart Metcalfe & Davies (Friedmann) und auch dem Knorr'schen Vorwärmer auszurüsten.

Über die ersten Versuche mit der »Dabeg«-Pumpe hat der Verfasser in der Zeitschrift des Vereines Deutscher Ingenieure 1924, Seite 226 — berichtet. Über spätere Versuchsergebnisse, mit einer theoretischen Untersuchung derselben, erschien in Glasers Annalen für Gewerbe- und Bauwesen 1925 Nr. 1158 Seite 112, Nr. 1162 Seite 188, 1926 Nr. 1169 Seite 73, von Zentralinspektor Ing. Plhak, Wien, und Prof. Dr. Igel, Berlin, unter dem Titel »Wärmewirtschaftliche Entwicklung der Lokomotive, unter besonderer Berücksichtigung von Versuchsfahrten einer mit »Dabeg«-Vorwärmer ausgerüsteten Lokomotive«, eine Abhandlung.

Im folgenden sollen diese Veröffentlichungen durch Mitteilung von Versuchsergebnissen ergänzt werden, welche mit einer »Dabeg«-Pumpe auf einem Prüfstand gefunden wurden. (Textabb. 1.) Die Versuche hatten den Zweck, über die Vorgänge während des Arbeitens der Pumpe Klarheit zu schaffen, die geförderten Wassermengen unter verschiedenen Verhältnissen sowie auch den Arbeitsbedarf zu messen. Die Untersuchung bezog sich auf eine, durch einen Elektromotor angetriebene Pumpe der Bauart S 120 und fand Ende 1924 und Anfang 1925 statt.

Die Pumpe war auf einem Betonsockel mit einem aus Flach- und Winkeleisen hergestellten Gerüst aufgestellt, auf welchem überdies die gekröpfte Welle für den Antrieb der Pumpe gelagert wurde. Eine Treibstange verband den Krummzapfen der Welle mit dem unteren Ende des Antriebshebels der Pumpe. Das eine Ende der Welle trug fliegend eine auswechselbare Riemenscheibe, welche durch einen Riemen von einem besonders verschiebbar gelagerten Elektromotor, von ungefähr 40 PS, angetrieben war. Durch entsprechende Auswahl der Durchmesser der Riemenscheiben des Motors und der Welle konnten verschiedene Drehzahlen der Antriebswelle, bzw. Hubzahlen der Pumpe erreicht werden. In der Nähe der Pumpe, in ähnlicher Lage zur Pumpe, wie auf der Lokomotive der Tender-Wasserkasten, war ein geeichter Behälter für das kalte Wasser aufgestellt, wogegen das warme Wasser über einen Windkessel nach einem höher gelegenen, ebenfalls geeichten Behälter gedrückt wurde. Der Windkessel war mit einem Wasserstandsglas, einem Druckmesser und einem gewichtsbelasteten Sicherheitsventil ausgerüstet. In der Dampfzuleitung, welche entweder mit Abdampf von Schmiedehämmern oder mit abgedrosseltem Frischdampf gespeist wurde, war ein Schieber eingebaut, der von dem Antriebsgestänge durch Zwischenhebel und Stangen hin und her bewegt wurde und den Dampf stofsweise, den Auspuff der Lokomotive nachahmend, dem Kondensator der Pumpe zuführte. Der Wasserstand in den Behältern wurde an Wasserstandzeigern abgelesen. Die Leistung des Elektromotors wurde durch elektrische Mefsinstrumente bestimmt. Für jede gewählte Drehzahl wurde der Arbeitsaufwand für den Leerlauf des Motors samt Vorgelegewelle bestimmt und dieser Wert von der gemessenen Gesamtarbeit, zur Festlegung der von der Pumpe zur Förderung des Wassers, samt Eigenwiderstand, verbrauchten Arbeit, abgezogen.

Jeder Versuch wurde in der Regel dreimal wiederholt, bei gleichen, oder nur wenig abweichenden Ergebnissen, wurde er als gültig erklärt.

Im Verlaufe der ersten Versuche ergaben sich manche Wahrnehmungen, welche zu einigen Verbesserungen der Pumpe führten. Als hauptsächlichste Änderung ergab sich die Umstellung des von der Stellung der Steuerung abhängigen Drehschiebers aus dem Weg zur Rücklaufleitung in den Weg zum Kondensator. Dies bedingte den Einbau eines federbelasteten Rückschlagventils in dem Weg zur Rücklaufleitung, wodurch es möglich ist, durch Änderung der Spannung der Feder dieses Ventiles, die Rücklaufmenge, somit auch die Fördermenge zu beeinflussen. Ferner wurde versucht, das Rücklaufrohr in der Nähe der Pumpe an die Saugleitung anzuschliefsen, was sich als durchaus möglich und empfehlenswert erwies. Dadurch kann die bisher ausgeführte lange Rücklaufleitung wegfallen.

Die Arbeitsweise der »Dabeg«-Pumpe (Textabb. 2) nach diesen Änderungen ist folgende. Der Antrieb der Pumpe erfolgt bekanntlich von irgend einer Stelle des Lokomotivtriebwerkes, entweder durch Kupplung des Antriebdoppelhebels H mit der Exzenterstange, der Gegenkurbel der Heusinger-Steuerung, oder mit einer besonderen Gegenkurbel an einer Kuppelachse. Die Fördermenge des Speisewassers ist somit im allgemeinen abhängig von der Drehzahl der Triebräder. Um die Fördermenge jedoch dem jeweiligen Wasserverbrauch der Lokomotive anzupassen, ist die wesentliche Einrichtung der Pumpe derart, dafs die von der Kaltwasserpumpe ständig angesaugte Wassermenge zum Teil in den Kondensator gelangt, zum Teil jedoch wieder in die Saugleitung zurückfliefst. Das Verhältnis zwischen der in den Kondensator eingespritzten und der zurückfliefsenden Kaltwassermenge wird durch einen mit Schlitzen versehenen Drehschieber Ds bestimmt, dessen Stellung durch eine Verbindung mit der Steuerwelle so geregelt wird, dafs bei jener Füllung, die für die gröfste Leistung der Lokomotive mafsgebend ist, die gröfste Wassermenge in den Kondensator spritzt, bei anderen Füllungsgraden diese Wassermenge sich verringert und schliefslich bei ganz ausgelegter oder auf »Mitte« stehender Steuerung Null wird, somit die ganze angesaugte Wassermenge durch das Rücklaufrohr R zurückfliefst. Am Anschlufs des Rücklaufrohres an die Pumpe ist das federbelastete Rückschlagventil Rv eingebaut, in welchem durch Veränderung der Spannung der Belastungsfeder F eine Änderung des Strömungswiderstandes, somit auch eine Änderung des Verhältnisses der zu- und abfliefsenden Wassermenge möglich ist. Durch das Dampfrohr D wird der in einem Ölabscheider von mitgeführtem Öl gereinigte Abdampf dem Kondensator zugeführt. In diesem vereinigt sich der Abdampf mit dem Kaltwasser, wobei ein Teil der Kesselsteinbildner ausfällt und wobei Kohlensäure ausgeschieden wird, die aus dem durch das Ablaufrohr A nach aufsen offenen Kondensator abströmen kann. Das auf 100 bis 110 °C vorgewärmte Tenderwasser, vermehrt um das Niederschlagwasser aus dem Abdampf, fliefst der Warmwasserpumpe zu, welche das warme Wasser in den Kessel drückt. Am Beginne der Druckleitung sitzt das Sicherheitsventil Sv. In der Saugleitung ist der Regulierhahn Rh eingebaut, mit dem eine weitere Regelung der Liefermenge des Speisewassers durchführbar ist. Um auch aufsergewöhnlichen Betriebsverhältnissen, wo auf kurzen Steilrampen mit ganz ausgelegter Steuerung und offenem Regler gefahren wird, zu entsprechen, d. h. die Speisung des Kessels mit der »Dabeg«-Pumpe zu ermöglichen, andererseits aber das Kaltspeisen bei geschlossenem Regler zu vermeiden, wird nach Wunsch ein dampfgesteuertes Ventil Vd angeordnet. Dieses Ventil ist zwischen der Kaltwasserpumpe und dem Kondensator angeordnet und durch eine Rohrleitung mit dem Dampfeinströmrohre der Lokomotive verbunden. Wird der Regler geöffnet, so strömt Dampf zu diesem Ventil und öffnet es. Bei Schliefsen des Reglers wird es durch eine Feder und den Wasserdruck geschlossen gehalten. Dieses Ventil verhindert also zuverlässig das Kaltspeisen bei geschlossenem Regler, ganz unabhängig von der Stellung der Steuerung. Der Drehschieber wird in diesem Falle lediglich zum Regeln der Wassermenge

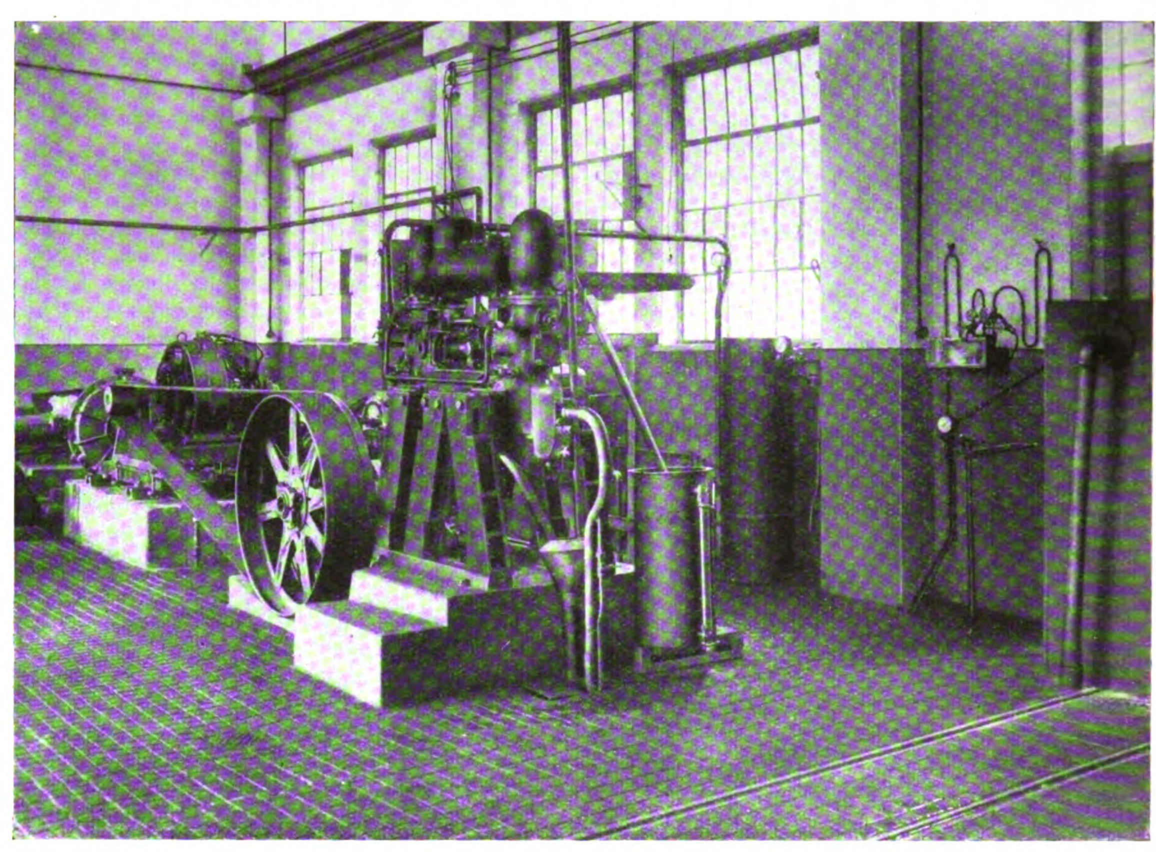


Abb. 1. Prüfstand mit „Dabeg“-Pumpe.

verwendet und ermöglicht auch das Speisen bei ganz ausgelegter Steuerung.

Auf die Versuche mit einer »Dabeg«-Pumpe zurückkommend, so wurde bereits eingangs erwähnt, wie die Versuche durchgeführt wurden. In den Schaubildern Abb. 1 bis 9, Taf. 16 ist eine Reihe von Versuchsergebnissen in Form von Schaulinien zusammengetragen. Aus den Schaulinien für die bei verschiedenen Drehzahlen gelieferten Wassermengen ist zu entnehmen, dafs bis zu etwa 180 Umdrehungen der Triebräder in der Minute die Pumpe mit sehr gutem volumetrischen Wirkungsgrad arbeitet, hierauf dieser stark abnimmt, wobei bei 250 bis 280 Umdrehungen ein Höchstwert der Liefermenge erreicht wird.

Die gefundenen Werte sollen im folgenden dazu dienen, nachzuprüfen, inwieweit die untersuchte Pumpengröfse für eine bestimmte Lokomotivgattung entsprechen würde, wobei festzustellen sein wird, wieviel Arbeit die Lokomotivdampfmaschine für den Antrieb der Pumpe zur Förderung der notwendigen Wassermenge abgeben mufs, und wie hoch sich der Dampfverbrauch hierfür im Vergleich zum Dampfverbrauch der Lokomotivdampfmaschine stellt.

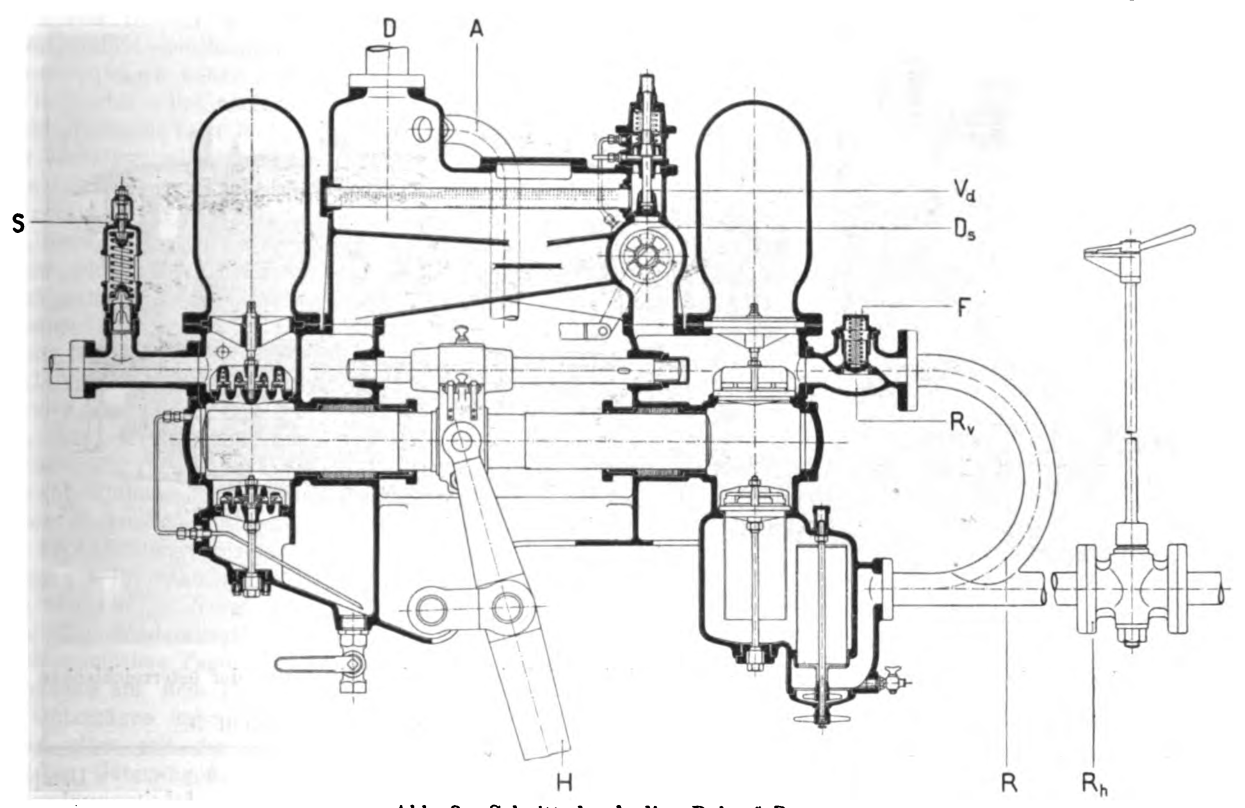


Abb. 2. Schnitt durch die „Dabeg“-Pumpe.

Für das Beispiel wurde eine 2 C - h 2 Schnellzuglokomotive, Reihe 109, der ehemaligen Südbahn gewählt, die seinerzeit von Ministerialrat Dr. R. Sanzin genau untersucht wurde und deren Versuchsergebnisse in der Zeitschrift »Die Lokomotive« 1913, Seite 193, von ihm veröffentlicht sind. Die von Dr. Sanzin festgestellten Werte für den Dampfverbrauch der Lokomotivdampfmaschine in PS_i/Std. bei verschiedenen Drehzahlen und Füllungen $\left(\delta = \frac{D_m}{N_i}\right)$, sowie die Verhältniszahlen für den mittleren indizierten Druck zum Kesseldruck $\left(\frac{p_i}{p_K}\right)$ sind in dem Schaubild Abb. 6, Taf. 16 zusammengetragen. Abb. 8, Taf. 16 zeigt den Verlauf der Leistung der Lokomotive bei verschiedenen Geschwindigkeiten.

Um feststellen zu können, ob die Pumpe für die verschiedenen Leistungen der Lokomotive genügend Wasser liefert, mufs vorher der Wasserverbrauch der Lokomotive ermittelt werden. Hierzu eignen sich die Krummlinien für $\frac{p_i}{p_K}$ Abb. 6, Taf. 16.

Bekanntlich ist $N_i = \frac{Z_i V}{270}$, und $Z_i = \frac{d^2 \left(\frac{p_i}{p_K}\right) p_K \cdot h}{D}$*). Aus beiden Gleichungen rechnet sich $\frac{p_i}{p_K} = \frac{270 N_i D}{d^2 p_K h V}$. In Übersicht 1 sind für die Geschwindigkeiten 20, 40, 60 und 80 km/Std. die aus Abb. 8, Taf. 16 entnommenen indizierten Leistungen N_i und die ausgerechneten Werte für $\frac{p_i}{p_K}$ eingetragen. Aus Abb. 6, Taf. 16 ist zu ersehen, dafs diese Werte für $\frac{p_i}{p_K}$ annähernd bei den Füllungen 44, 50, 47 und 46 v. H. erreicht wurden, für welche aus den unteren Linien die zugehörigen Dampfverbrauchsziffern abzulesen sind. Die spezifischen Dampfverbrauchsziffern, vervielfältigt mit der indizierten Leistung, $\delta \times N_i = D_m$, gibt den Dampfverbrauch der Lokomotivdampfmaschine in einer Stunde.

Übersicht 1.

V km/Std.	N_i PS	$\frac{p_i}{p_K}$	Füllung %	δ kg	$D_m = \delta N_i$ kg	$D = D_m + 800$ kg
20	555	0,515	44	10,3	5716	6516
40	1110	0,515	50	9,6	10656	11456
60	1350	0,415	47	8,6	11610	12410
80	1420	0,328	46	8,3	11786	12586

Zur Ermittlung der Gesamtdampfmenge, die der Kessel jeweilig liefern mufs, mufs noch eine Dampfmenge hinzugeschlagen werden, welche der Kessel für Nebenleistungen wie

*) Für die gewählte Lokomotive ist
$d = 550$ mm, $h = 650$ mm, $D = 1750$ mm, $p_K = 14$ atm.

für Bremse, Zugheizung, hergeben mufs und die mit rund 800 kg für eine Stunde eingeschätzt wurden. Übersicht 1 zeigt alle diese Werte.

Um die von der Pumpe gelieferte Wassermenge angeben zu können, mufs vorerst die Stellung des Drehschiebers D s bekannt sein. Sie entspricht

für die Füllung 44 % ungefähr der Stellung $^3/_4$
» » » 50 % — » » ganz offen
» » » 47 % ungefähr » » $^3/_4$
» » » 46 % » » » $^3/_4$.

Aus den Schaulinien Abb. 4, Taf. 16 sind nun für die betreffenden Umdrehungszahlen die Liefermengen abzulesen. In Übersicht 2 sind die Werte eingetragen. Da die von der Pumpe gelieferten Mengen warmen Wassers von einer Temperatur von rund 90° C im Raummafs (*l*), die Wasser- bzw. Dampfverbrauchsziffern in Übersicht 1 jedoch im Gewichtsmafs (kg) angegeben sind, so müssen erstere auf das Gewichtsmafs mit der Dichte des Wassers bei 90° C = 0,965 umgerechnet werden.

ergeben, wenn die von der Pumpe mit ungedrosseltem Wasserzulauf gelieferte Wassermenge ins Auge gefafst wird. Nachdem aber bei Geschwindigkeiten über 40 km/Std. gedrosselt werden mufs, wenn der Gleichgewichtszustand zwischen Verbrauch und Lieferung aufrechterhalten werden soll, so sind nur jene Lieferungen der Pumpe in Rechnung zu stellen, die dem Gesamtwasserverbrauch des Kessels entsprechen. In Übersicht 3 sind die, unter Berücksichtigung des früher Gesagten, errechneten Werte zusammengetragen.

Im Schaubild Abb. 9, Taf. 16 sind die Dampfverbrauchszahlen für den Betrieb der Pumpe in Vergleich zum Gesamtdampfverbrauch der Lokomotivdampfmaschine und der Gesamtwasserfördermenge gesetzt, welcher Vergleich zeigt, dafs die zur Kesselspeisung mit warmem Wasser durch eine Fahrpumpe Bauart »Dabeg« aufgewendete Dampfmenge nur 0,73 bis 0,95 v. H. des Dampfverbrauches der Lokomotivdampfmaschine, oder 0,69 bis 0,82 v. H. der geförderten Gesamtwassermenge beträgt. Für

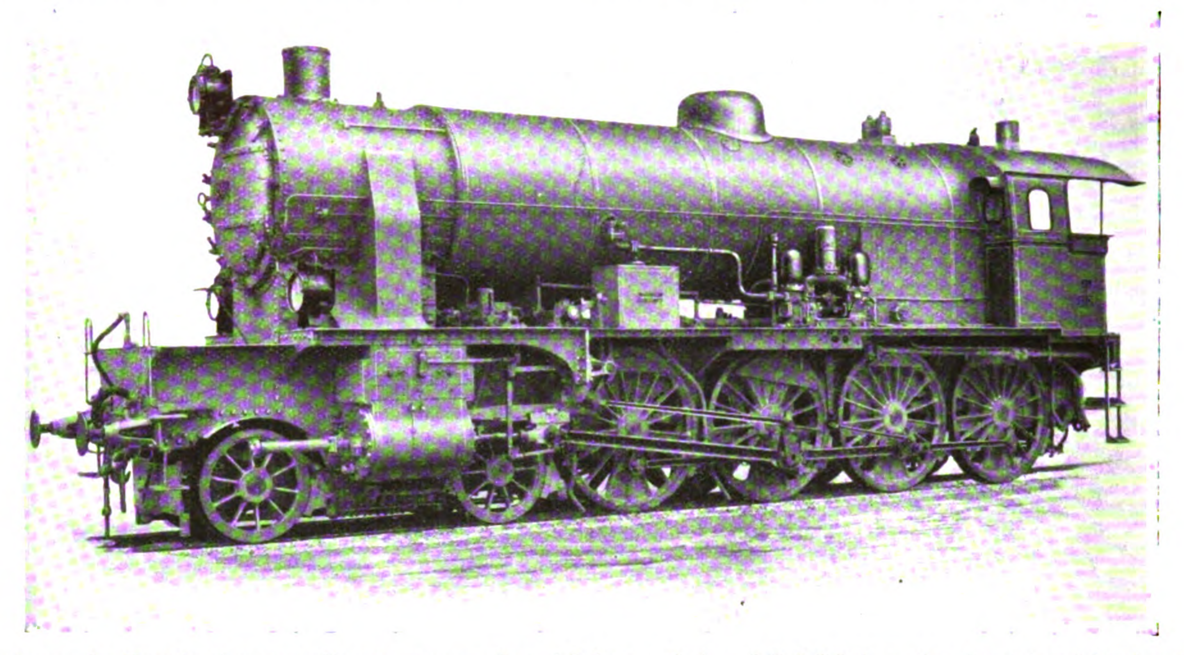


Abb. 3. Anordnung der Kesselspeisewasser-Vorwärmpumpe, Bauart Dabeg, auf einer 2 D - h 2 Lokomotive der österreichischen Bundesbahn.

Übersicht 2.

Drehzahl für 1 Minute	V km/Std.	Liefermenge in 1 Sekunde in *l*	in 1 Stunde in *l*	in 1 Stunde in kg
60	20	1,7	6120	5906
120	40	3,6	12960	12506
180	60	4,5	16200	15633
240	80	4,7	16920	16328

In Abb. 7, Taf. 16 sind die Werte für den Gesamtwasserverbrauch des Kessels und für die Liefermenge der Pumpe zusammengetragen. Es zeigt sich aus dem Verlauf der Linien, dafs bei Geschwindigkeiten über 40 km/Std. die Pumpe mehr Wasser liefern würde als verbraucht wird. Dieser Überschufs mufs durch Drosselung der angesaugten Wassermenge durch den Regulierhahn Rh beseitigt werden. Dieser Überschufs sichert jedoch, dafs auch bei aufsergewöhnlichen Überlastungen der Lokomotive, der Kessel mit genügend Wasser durch die Fahrpumpe versorgt werden kann.

Der Arbeitsbedarf der »Dabeg«-Pumpe würde sich für die sekundlichen Liefermengen von 1,7, 3,6, 4,5 und 4,7 l aus dem Schaubild Abb. 2, Taf. 16 mit 5,2, 10,2, 13,0 und 13,8 PSi

Übersicht 3.

V km/Std.	Zu liefernde Wassermenge in 1 Stunde in kg	in 1 Stunde in *l*	in 1 Sekunde in *l*	Arbeitsbedarf der Pumpe in PS_i	Dampfverbrauch der Lokomotivdampfmaschine δ in kg PS_i/Std.	Dampfverbrauch für den Antrieb der Pumpe in kg/Std.
20	5906	6120	1,7	5,2	10,3	53,56
40	11456	11871	3,26	9,0	9,6	86,40
60	12410	12860	3,56	10,0	8,6	86,00
80	12586	13042	3,63	10,4	8,3	86,32

mit Dampfpumpen betriebenen Oberflächenvorwärmer hat seiner Zeit Dr. Ing. L. Schneider, München den Dampfverbrauch der Lokomotivspeisepumpe mit 1,5 bis 3,0 v. H. des geförderten Wassers festgestellt*). Da die »Dabeg«-Pumpe nur bis kaum $^1/_3$ dieses Wertes verbraucht, so erhellt daraus, dafs die »Dabeg«-Pumpe gröfsere Kohlenersparnisse geben mufs, als Vorwärmer, deren Pumpen mit Frischdampf betrieben werden.

*) Siehe V. D. J. Zeitschrift 1918, Seite 315.

»Dabeg«-Pumpen sind derzeit rund tausend Stück im Betriebe, davon achthundert Stück in Österreich und einhundertundvierzig Stück in Frankreich, die im allgemeinen vollauf befriedigen und die erwarteten Kohlenersparnisse geben. Auch hinsichtlich der Erhaltungsarbeiten sind günstige Ergebnisse erzielt worden. So sind z. B. bei fünfunddreifsig Stück der 2D-h2 Schnellzuglokomotiven Reihe 113 der österr. B. B. (siehe Textabb. 3) nach Aufschreibungen in den Monaten März, April, Mai, Juni und Juli 1926 für Instandhaltungsarbeiten einschliefslich Packung der Stopfbüchsen für eine Pumpe und einen Monat im Durchschnitt 1,746 Stunden aufgewendet worden, wobei die Kosten an Löhnen und Baustoff, ohne Unkostenzuschlag, für tausend Lokomotivkilometer im Monat 1,61 Schilling betrugen.

Da die »Dabeg«-Pumpe unmittelbar vom Triebgestänge der Lokomotive angetrieben wird, so wurde im Laufe des Betriebes das Augenmerk auf die Abnützungen des Antriebgestänges der Pumpen selbst, sowie auf die diesen Antrieb vermittelnden Teile der Lokomotive gerichtet. Während des dreijährigen Betriebes der »Dabeg«-Pumpe zeigte es sich, dafs weder das Gewicht noch der Antrieb der Pumpe von nachteiligen Folgen für Lager, Bolzen und Zapfen begleitet war.

Die wirtschaftlichen Vorteile der mechanischen Lagerschmierung für den Eisenbahnbetrieb.

Von Dr. Ing **W. Friedrich**, Altrahlstedt.

In dem Aufsatz »Die Rollenkettenschmierung« von Oberbaurat a. D. Franz Dütting im Jahrgang 1924 des Organs ist eine von dem Verfasser in dem Grundgedanken vorgeschlagene, von der Firma Dr. Ing. & C. A. Schneider in Frankfurt a. M. weiter ausgebildete mechanische Schmierung für die Achslager der Eisenbahnwagen näher beschrieben.

Im folgenden sollen nach inzwischen angestellten Versuchen die wirtschaftlichen Vorteile kurz erörtert werden.

Der wichtigste wirtschaftliche Vorteil ist die nachweisbare Verminderung der Lagerreibung besonders im Anfang der Bewegung, oder das Sinken der Reibungsziffer bis herab zu $^1/_{1000}$ nach längerem Laufen, also auf den niedrigsten für Kugellager genannten Wert.

Nach den Messungen des Verfassers und des Eisenbahn-Zentralamtes Berlin an Güterwagen mit und ohne mechanischer Schmierung in der Fahrt, sowie nach Berechnungen von Prof. Gümbel, Charlottenburg, beträgt die Verminderung des Fahrwiderstandes durch die mechanische Schmierung im Mittel 0,4 kg/t. Bei einem beladenen 20 t-Wagen von 30 t Gesamtgewicht und 7 t Lagerdruck beträgt daher die Verringerung des Fahrwiderstandes für ein Lager $7 \times 0,4 = 2,8$ kg. Das ergibt bei 40 km/Std. Fahrgeschwindigkeit $11 \times 2,8 : 75 =$ rund 0,4 PS Leistungsersparnis. Da ein Rad unter vorstehenden Bedingungen 4 PS benötigt, so entspricht das einer Leistungsersparnis von $10\,^0/_0$. Vergl. Oberregierungsrat E. Schulze, Berlin in der Sonderausgabe der Z. V. D. I. anläfslich der Eisenbahntechnischen Tagung 1924 S. 185 »Über Gleitlager«: »Die Versuche auf dem Prüfstand und mit besonders ausgerüsteten Güterzügen haben uns bestätigt, dafs der Reibungswiderstand eines mit der Schneiderschen Schmiervorrichtung ausgerüsteten Güterwagens bis zu 10 v. H. geringer ist, als der eines Wagens mit der gewöhnlichen Polsterschmierung. Ein Ergebnis, das des Schweifses der Edlen wert ist.«

Ein Güterwagen läuft im Jahr 26 000 km oder bei 40 km Std. durchschnittlicher Geschwindigkeit 650 Stunden. Die jährliche Leistungsersparnis ist also $650 \times 0,4 = 260$ PS-Std. für die Achsbüchse.

Bei einem Kohlenverbrauch von 2 kg für die Lokomotiv-PS-Std. am Zughaken kostet die PS-Std. rund 0,05 ℳ. Die Jahresersparnis infolge verringerter Lagerreibung beträgt daher $260 \times 0,05 = 13$ ℳ für die Achsbüchse.

Die gleiche Ersparnis stellt sich auch bei geringerer Geschwindigkeit beim Rangieren und Fahren in Werken, bei Nebenbahnen usw. ein, da die Verringerung des Anfangswiderstandes durch die mechanische Schmierung Olor eine wesentlich höhere ist, als im Dauerzustand bei längerer Fahrt, und weil der Kohlenverbrauch der Lokomotiven unter diesen Verhältnissen erheblich höher ist.

Nach Messungen an der Reibungswage des Verfassers vermindert sich die Lagerreibung im Anfang der Bewegung auf den vierten Teil der Polsterschmierung (siehe Abb. 1); es werden daher bis zu $60\,^0/_0$ Zugkraft beim Anfahren und Verschieben gespart. Dieses Ergebnis findet sich im praktischen Betriebe bestätigt, z. B. ist das gesamte Personal des Eisenbahnbetriebes der August Thyssen-Hütte auf das leichtere Verschieben und Ablaufen der mit Olor ausgerüsteten Wagen eingestellt. Weiter benötigt die Gesellschaft für Teerverwertung, Duisburg-Meiderich zur Verschiebung ihrer Grofskesselwagen mit Menschenkraft nach dem Einbau von Olor nur noch ein Drittel der Leute, da der Fahrwiderstand sehr erheblich heruntergegangen war.

Es ist also infolge dieser starken Verminderung der Lagerreibung zu Anfang der Bewegung die Ersparnis an Zugkraft oder Lokomotivleistung beim Anfahren und Verschieben in Werken und Bahnhöfen bedeutend. Abb. 2 gibt ein gutes Bild dieser Vorgänge. Hat ein Wagen länger gestanden, und sind die Lager kalt, so ist die Achsschenkelreibung bei Polster

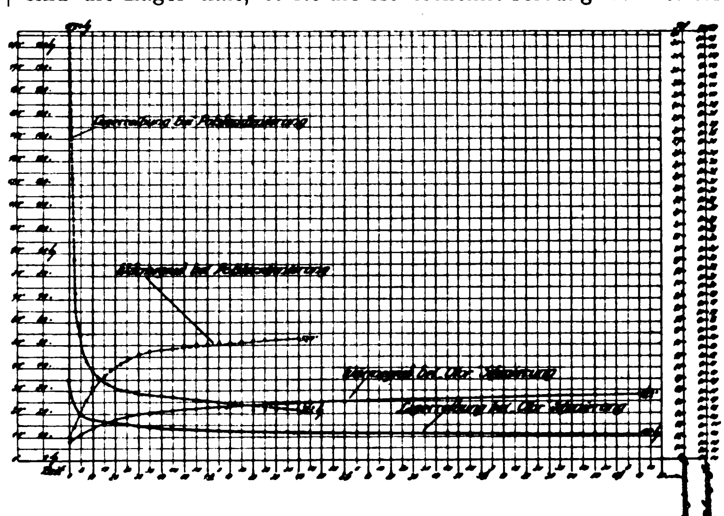


Abb. 1.

sehr hoch und erreicht, als Fahrwiderstand umgerechnet, einen Wert von 6 kg/t (vergl. auch Abb. 1), der rund doppelt so hoch ist, als der gesamte sonstige Bewegungswiderstand.

Nach längerer Fahrt sinkt die Achsschenkelreibung merklich auf einen Zugkraftwert von 1,3 kg/t (siehe linke und rechte Kurve in Abb. 2). Nur nach ganz kurzen Stillständen von höchstens einer Minute Dauer nach längerer Fahrt ist der zusätzliche Anfahrwiderstand unbedeutend. (Vergl. mittlere Kurve in Abb. 2.)

Bei der mechanischen Schmierung liegen die von der Lagerreibung herrührenden Widerstände beim Anfahren wesentlich niedriger und betragen höchstens 1,6 kg/t nach längerem Stillstand und bei kalten Achsbüchsen und 0,4 kg/t nach längerem Laufen.

Also beim Anfahren, sei es im Verschiebedienst in Werken oder Bahnhöfen oder beim Ingangsetzen der Züge nach Aufenthalten, bewirkt die mechanische Schmierung eine starke Ver-

minderung der Lagerreibung und damit des Fahrwiderstandes im Mittel um 2,5 kg/t. Rechnet man die Anfahr- oder Verschiebezeit mit drei Minuten, die mittlere Geschwindigkeit während dieser Periode zu 12 km/Std. oder 3,33 m/Sek. und die Zahl der jährlichen Anfahrbewegungen für den Wagen zu 1500, so werden im Jahr für die Achsbüchse bei

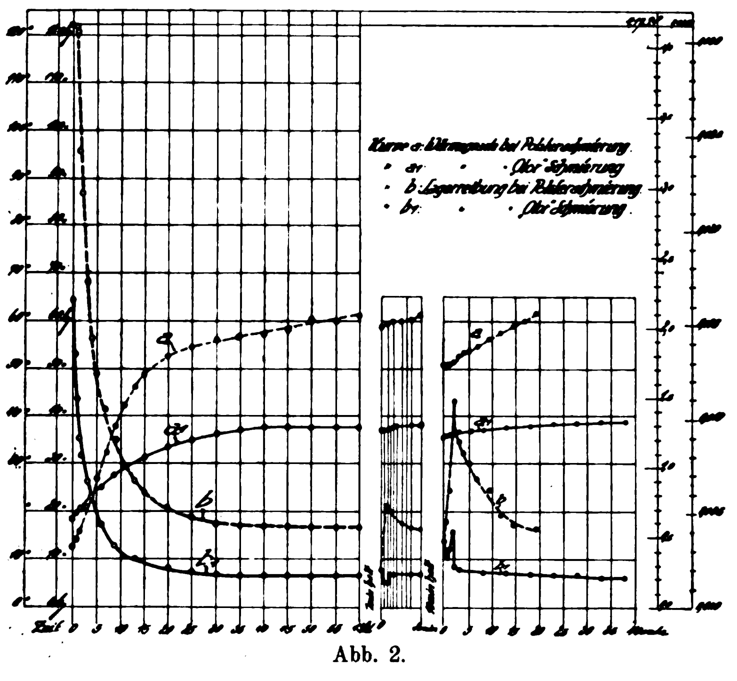


Abb. 2.

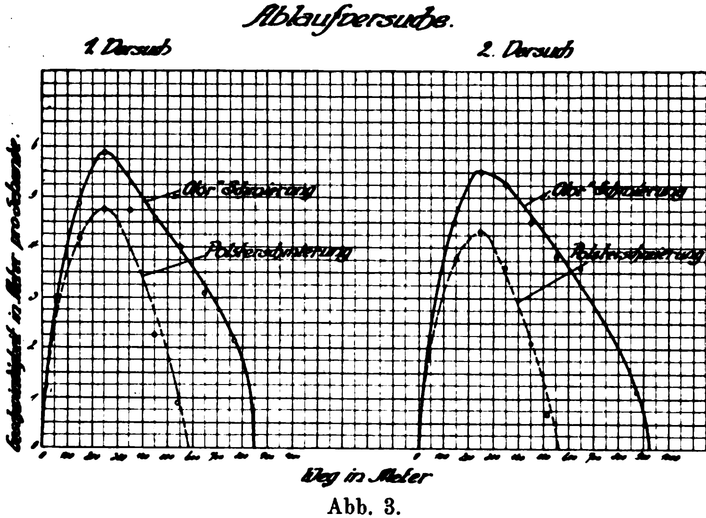


Abb. 3.

dem obigen beladenen 20 t-Wagen von 7 t Lagerdruck

$$\frac{1500 \times 3}{60} \cdot \frac{7 \times 2,5 \times 3,33}{75} = \text{rund } 60 \text{ PS/Std.}$$

gespart, deren Kosten sich infolge der ungünstigeren Verhältnisse beim Anfahren auf $60 \times 0,075 = 4,50$ *M* stellen.

Die aufserordentliche Verminderung des Anfangs-Fahrwiderstandes ist ferner von grofser Bedeutung für die Verbesserung des Ablaufbetriebes besonders im Winter. Nach Prof. Blum (siehe Aufsatz »Verschiebebahnhöfe« in dem Werk »Eisenbahnwesen, Die eisenbahntechnische Tagung und ihre Ausstellung 1924« S. 224) sind »die Hauptablaufberge der Gradmesser für die Leistungsfähigkeit des ganzen Bahnhofes. — Kein Bahnnetz leistet mehr als die Hauptablaufberge seiner mafsgebenden Verschiebebahnhöfe. — Es kommt also alles darauf an, die Leistungsfähigkeit der Hauptablaufberge zu erhöhen.«

Das ist mit Hilfe der mechanischen Schmierung Olor zu erreichen, soweit die Leistung durch schnelleres und im Sommer und Winter gleichmäfsigeres Ablaufen zu steigern ist. Nach den langjährigen Erfahrungen der August Thyssen-Hütte, Hamborn, die fast ihren ganzen Wagenpark mit Olor ausgerüstet hat, geht das Ablaufgeschäft in Verbindung mit der Fröhlichschen Gleisbremse Sommer und Winter schnell und glatt von statten. Schlechtläufer gibt es bei Olor nicht, Frost übt keinen wesentlichen Einflufs auf das Ablaufen aus, so dafs vorzeitiges Stehenbleiben der Wagen in den Spitzen der Richtungsgleise ausgemerzt wird.

Nach vorsichtiger Rechnung lassen sich im Jahr je Achsbüchse zwei Stunden an Verschiebe- und Ablaufzeit durch Olor sparen, oder 4 *M* einschliefslich der sachlichen Unkosten.

Sehr lehrreich sind in dieser Hinsicht Ablaufversuche der Holländischen Staatsbahn, die im Winter 1923/24 am Ablaufberg Maarn mit Olor- und Polsterschmierung ausgeführt wurden, und deren charakteristisches Ergebnis in Abb. 3 dargestellt ist. Aus diesem Schaubild geht hervor, dafs der Wagen mit Olor rund 50 % weiter lief als der Wagen mit Polsterschmierung. Das heifst der Fahrwiderstand ist in diesem Falle durch Olor auf $^2/_3$ oder um 33 % vermindert worden. Dabei war der 19. Dezember 1923 kein besonders kalter Tag. Bei grofser Kälte kann die Widerstandsverminderung 60 % erreichen. Jedenfalls ist erwiesen, dafs der Ablaufwiderstand von Wagen mit Olorschmierung im Winter erheblich geringer ist, als von solchen mit Polsterschmierung und Sommer und Winter nahezu gleichbleibt, so dafs durch grofse Kälte hervorgerufene Stockungen in Bahnhöfen vermieden werden können.

Ein weiterer grofser Vorteil der mechanischen Schmierung Olor liegt in der vorzüglichen Abdichtung der Achsbüchse gegen Ölverluste und Staub, die eine Zeitschmierung in ein- bis dreijährigen Zwischenräumen ermöglicht, Öl spart und die Abnutzung von Lager und Achsschenkel vermindert. Es ist festgestellt, dafs bei einjähriger Zeitschmierung an Wartung (Überwachung, Nachschmierung, Polsterwechsel) für jede Achsbüchse jährlich sechs Arbeitsstunden oder 6 *M* erspart werden.

Die Ersparnisse an Öl sind je nach der Wagen- und Betriebsart verschieden, und liegen zwischen 2 und 5 kg für die Achsbüchse jährlich. Bei einem Mittelwert von 4 kg werden also 2 *M* erspart.

Die geringere Abnutzung der Lagerschalen und Achsschenkel, die Verringerung der Heifsläufer infolge der reichlichen Schmierung und Sicherstellung des Ölvorrates, endlich der Fortfall der Auswechslung der Polster und Staubringe sind weitere Vorteile, die sichere Ersparnisse bringen, wenn es auch natürlich schwer ist, hier zahlenmäfsige Angaben zu machen.

Auffrischung eiserner Oberbaustoffe.

Von Oberregierungsbaurat a. D. **Kloevekorn**, Reichsbahnoberrat in Hannover.

Die Entwicklungsgeschichte des Eisenbahngleises ist, abgesehen von der Erhöhung der Achslasten und der Fahrgeschwindigkeit, mafsgeblich durch das Bestreben beeinflufst, den Oberbauteilen eine möglichst lange Lebensdauer zu geben. Ist doch die richtig geleitete Unterhaltung des Oberbaus zum beträchtlichen Teile ein Kampf, um die Stoffe in brauchbarem Zustande zu erhalten. War dann der Verschleifs trotz aller Bemühungen doch soweit vorangeschritten, dafs die Betriebssicherheit oder die Wirtschaftlichkeit der Unterhaltung beeinträchtigt wurde, dann schritt man zur Erneuerung der abgängigen Teile oder des ganzen Gestänges, womit meistens eine Verstärkung des Gestänges, oft auch der Bettung verbunden war. Die ge-



wonnenen Altstoffe wurden gewöhnlich in Gleisen von untergeordneter Bedeutung wieder verwendet, soweit das möglich war. Schon seit Jahrzehnten bemühte man sich vielfach, bei der Wiederverwendung von Schienen diese damit zu verbessern, dafs die in den Laschenkammern und Köpfen ausgeschlagenen Enden abgeschnitten und die verkürzten Schienen eingebaut wurden, bisweilen mit neuem, meistens aber wohl mit dem alten, mehr oder minder stark verschlissenen Kleineisenzeug. Hier und da versuchte man, durch Beilagen (Füllstücke) die durch Verschleifs entstandenen schädlichen Lücken zu schliefsen. Diese Beilagen sind jedoch nur ein schwacher Notbehelf, weil sie die Verschleifslücken nur unvollkommen ausgleichen und dem Verschleifs selbst stark ausgesetzt sind (z. B. statt einer Verschleifsfläche nunmehr zwei usw.). Sie haben deshalb nur eine kurze Wirkungsdauer und werden in neuzeitlichen Betrieben immer mehr verlassen oder sind schon ganz aufgegeben, da sich ein besserer Weg für den Ausgleich der Verschleifslücken ergeben hat.

Bahnbrechend auf diesem Wege war der Geheime Baurat G. Wegner in Breslau, dem ein Verfahren für das Auffrischen von Laschen als D. R. P. 224635 patentiert wurde (Organ 1911, Seite 53 und 1912, Seite 239 ff.). 1914 machte dann Wegner Vorschläge für das Auffrischen weiterer Oberbauteile (Organ 1914, Seite 309 ff.). Der Krieg verhinderte, dafs die Auffrischungsarbeiten erheblicheren Umfang annahmen und allgemein durchgeführt wurden. Nach dem Kriege trat die Verwaltung der Preufsischen Staatsbahnen wieder tatkräftiger an die Aufgabe heran und zwar gezwungen durch den Zustand, in dem die Gleise aus dem Kriege hervorgegangen waren, und durch die Schwierigkeit, neue Oberbaustoffe zu erhalten.

Gefördert wurden die Bestrebungen einmal durch die neueren Grundsätze planmäfsiger Gleispflege und andererseits durch die organisatorischen Mafsnahmen, durch die eine schärfere Oberbauwirtschaft bei den Direktionen und im Eisenbahnzentralamt erst ermöglicht wurde. Denn bei der planmäfsigen Gleispflege wird unter anderem gefordert, dafs alle schädlichen Spielräume bei der Durcharbeitung des Gleises auf das kleinste erreichbare Mafs herabgedrückt werden, dafs also die durch den Verschleifs entstandenen Lücken beseitigt werden. Da das bei vielen Oberbauanordnungen nicht oder nicht mehr möglich ist, ergab sich von selbst der Wunsch, besser passende Ersatzstücke einzubauen. Die Neuordnung des Oberbaudienstes in den Direktionen schuf die Stelle, die imstande war, den Wünschen und Anforderungen der Gleisunterhaltung nachdrücklich nachzugehen und weitestgehende Befriedigung zu verschaffen.

Nachdem nunmehr ein gewisser Abschlufs in der Entwicklung der Auffrischungsverfahren eiserner Oberbaustoffe eingetreten ist, erscheint es angezeigt, über den Gang der Entwicklung und den heutigen Stand zu berichten. Es empfiehlt sich dabei, die Schienen, die Eisenschwellen, die Laschen, die Unterlagsplatten, die Klemmplatten und die Schrauben hinsichtlich der Technik des Auffrischens gesondert zu behandeln. Die Aufarbeitung der Weichen soll aufser Betrachtung bleiben, weil sie sehr von der Bauform der Weiche abhängt, wobei jedoch bemerkt sei, dafs die Ausführungen über die Schienen, Laschen, Platten und Schrauben für die Weichen in gleicher Weise gelten wie für die Gleise.

1. Die Schienen.

Die Wiederverwendung alter Schienen mit heruntergehämmerten Enden und ausgeschlagenen Laschenkammern ist auch in Gleisen von untergeordneter Bedeutung höchst unwirtschaftlich, wenn der Stofs nicht wieder in einen tadellosen Zustand gebracht wird. Das Kürzen der Schienen, bei dem in der Regel etwa 1 m Baulänge verloren geht, ist umständlich und kostspielig, und bedingt die Verwendung neuer oder in die Form von neuen umgeprefsten Laschen. Nachdem es gelungen ist, alte Laschen in jede praktisch erforderliche Form umzupressen, ohne dafs die Güte des Stofses leidet, erübrigt sich das Kürzen der Schienen. Es empfiehlt sich, die Schienen ungekürzt zu verwenden, solange das Ende der Schiene noch gut erhalten ist und das heruntergebogene Ende durch eine geeignete Form der Lasche und durch die Verwendung von Breit- oder Doppelschwellen wieder aufzurichten.

In diesem Zusammenhange sei gleich die Erörterung der richtigen Form der Lasche vorweggenommen. Wenn an ausgeschlagenen Laschenkammern die Laschen durch Anziehen der Schrauben nachgespannt werden, mufs die Lasche den schwebenden Stofs herunterziehen; denn die Abnutzung der Schiene in der Laschenkammer und der Lasche an der Laschenanlagefläche schreitet am schnellsten voran in der Mitte der Lasche an den oberen Laschenanlageflächen. Beim Anspannen alter oder neuer Laschen an Schienen, die in der Laschenkammer ausgeschlagen sind, kommt also die untere Anlagefläche zuerst zur Berührung und drückt das Schienenende herab, bis die obere Anlagefläche zur Berührung kommt. Die von Wegner im Organ 1912, Seite 239 ff., empfohlene Fischbauchform der aufgeprefsten Lasche ist deshalb nicht zweckmäfsig, weil sie das Herabdrücken des Schienenendes noch verstärkt. Die Reichsbahn hat die Dachform eingeführt, die sich der Abnutzung der Laschenkammer besser anpafst und das Schienenende nicht herabzieht, sondern bei genügender Überhöhung der Laschenmitte in die Höhe drückt. Es kann sogar eine unten hohle, oben gewölbte Form der Lasche in Frage kommen, wie sie beispielsweise im Direktionsbezirk Hannover ursprünglich angewandt und nur wegen Einführung der Einheitsform verlassen wurde.

Es empfiehlt sich ferner, dem aufgefrischten Schienenstofs eine Überhöhung von 5 bis 10 mm zu geben, die sich im Laufe der Zeit verliert, sobald sich die Schiene und die Lasche zu voller Berührung zurechtgeschliffen haben. Denn da die Aufarbeitung der Laschen nicht für jeden einzelnen Stofs besonders erfolgen kann, sondern Reihenarbeit verlangt, die Stöfse sich aber verschieden abnutzen, pafst nicht jede Lasche genau in jede Laschenkammer satt anliegend hinein; die Berührung erfolgt nur an einzelnen Punkten oder Linien, bis die beiden Teile sich genügend abgeschliffen haben. Die Bolzen müssen deshalb bei aufgefrischten Laschen zunächst häufiger nachgespannt werden, bis die satte Berührung eintritt.

Das Auffrischen heruntergefahrener schwebender Stöfse läfst sich sehr erleichtern, wenn die Unterstützung des ursprünglich schwebenden Stofses durch eine Breit- oder Doppelschwelle verbessert wird. Allerdings pflegt dann die Lasche nur nach Umänderung brauchbar zu sein, da heute in Preufsen wohl allgemein bei schwebendem Stofse Z-förmige Laschen angewandt werden. Man mufs dann entweder die Laschen für den Breitschwellenstofs umarbeiten durch Fortnahme des herabreichenden Schenkels und durch Kürzung der Lasche bei langen Laschen mit sechs Löchern, oder man verwendet Laschen anderer, nicht mehr gangbarer Formen, gegebenen Falles nach Umarbeitung. Dieser zweite Weg hat den grofsen Vorteil, dafs nicht mehr gangbare Teile noch Verwendung finden können und dafs man gangbare Teile gewinnt, um das Auffrischen der Laschen an noch nicht umbaureifen Gleisen durchzuführen. Das Nähere hierüber siehe unter 3. Bei Verwendung nicht mehr gangbarer Formen ist Vorsicht am Platze, wenn die Schienen umgelocht werden müssen. Bei schwebendem Stofs können Schienenbrüche im Steg auftreten, wenn dieser für die am Schienenende auftretenden Querkräfte durch neue Laschenlöcher zu sehr geschwächt wird.

Bei der Verwendung alter Schienen in ungekürztem Zustande mit aufgearbeiteten Laschen bleibt noch zu beachten, dafs die Laschenkammern keine schädliche Abnutzung erfahren haben dürfen. Als schädlich ist jede Abnutzung der Laschenkammer

zu bezeichnen, bei der die Anlagefläche der Lasche im Schienenquerschnitt keine Gerade mehr bildet, sondern gekrümmt ist. Solange die Laschen im Gleis noch nicht am Schienensteg oder in den Abrundungen am Kopf und Fufs anliegen, nutzt sich die Anlagefläche so ab, dafs die abgenutzte Fläche parallel zur unabgenutzten bleibt. Kommt die Lasche aber am Steg zum Anliegen, dann erfolgt die Abnutzung der Laschenkammer in schädlicher Form, da sich die Anlagefläche im Querschnitt der Schiene hohl schleift. Es ist dann nicht mehr möglich, mit einer aufgefrischten Lasche zu arbeiten, da diese die Anlagefläche der Schiene nicht mehr satt berühren kann. Schienen, die soweit vernachlässigt sind, können nur nach Kürzung wieder verwendet werden.

Es sei hier noch darauf aufmerksam gemacht, dafs es sich empfiehlt, alte Schienen stets in der Reihenfolge zu verlegen, in der sie vorher im Gleis gelegen haben, denn die Schienen nutzen sich vielfach ungleich ab, so dafs bei der Wiederverwendung an den Stöfsen Stufen entstehen, wenn nicht darauf geachtet wird, dafs die Schienen in der alten Reihenfolge verlegt werden. Vor dem Ausbau der Schienen müssen deshalb die Stöfse numeriert werden, indem man die Stofsnummer an jedem Ende der Schiene anschreibt. Beim Verladen dürfen die Schienen nicht ineinander gekantet werden, sondern müssen sorgfältig aufrecht, in einzelnen Schichten mit Zwischenlagen auf den Wagen gestellt werden. Dann ergibt sich beim Wiederabladen auf Strecke an der Verwendungsstelle die richtige Reihenfolge von selbst. In gleicher Weise mufs natürlich bei Zwischenlagerung verfahren werden.

2. Eiserne Schwellen.

Die eisernen Schwellen der Preufsischen Staatsbahnen zeigen, abgesehen von den Weichenschwellen, durchweg den Nachteil, dafs die Abnutzung sehr rasch vor sich geht. In manchen Fällen, in denen die Schwellen, in verhältnismäfsig kurzer Zeit, so stark durch Rost angegriffen werden, dafs Decke oder Schenkel siebartig durchlöchert sind, ist der Mangel offenbar auf ungeeignete Zusammensetzung des Stahls oder chemische Einwirkungen der Umgebung zurückzuführen. Im allgemeinen aber ist die schnelle Abnutzung an der Stelle der Schienenbefestigung aufgetreten und auf Mängel in der Form der Schwelle, in der Wahl der Schienenbefestigung und in der Behandlung des Gleises zurückzuführen. In diesen Fällen zeigen sich starke Abschleifungen der Schwellendecke, von den Löchern ausgehende Risse und Brüche der Schwelle. Der Mangel an neuen Oberbaustoffen zwang stellenweise dazu, auch abgängig gewordene eiserne Schwellen wieder verwendbar zu machen.

a) Noch einigermafsen gut erhaltene Schwellen werden versetzt neu gelocht, derart, dafs die 1., 3., 5. usw. Schwelle nach links, die 2., 4., 6. usw. Schwelle nach rechts verschoben wird. Wegen der ungleichen Unterstützung der beiden Schienen ist das Verfahren nur in ganz untergeordneten Gleisen anwendbar.

b) Die am Auflagern aufgetretenen Risse werden im einzelnen durch Schweifsung geschlossen. Das Verfahren ist teuer und unzuverlässig; für die Anwendung in gröfserem Mafsstabe werden die zuverlässigen Arbeitskräfte, die unbedingt erforderlich sind, nicht zu erhalten sein. Die Schwächung der Auflagerstelle, die durch die Schleifwirkung der Schiene entstanden ist, wird nicht beseitigt. Das Verfahren ist deshalb wieder verlassen worden.

c) Der Rand der Löcher, die in der Schwellendecke für die Befestigungsmittel eingestanzt sind, wird durch einen aufgeschweifsten Ring verstärkt. Das Verfahren ist noch nicht endgültig erprobt. Für stärker beanspruchte Gleise hat es sich bisher nicht bewährt. Die Schwächung der Schienenauflagerfläche wird nur in ganz beschränktem Umfange beseitigt. Dabei sind, soweit bekannt, folgende Wege eingeschlagen worden:

d) Die beschädigte Auflagerstelle wird herausgeschnitten und durch eine eingeschweifste oder aufgenietete Platte ersetzt. Das Verfahren hat sich als zu teuer erwiesen und deshalb nicht eingeführt.

e) Die beschädigte Auflagerstelle wird durch eine aufgeschweifste Platte verstärkt. Auch dieses Verfahren hat sich nicht einführen können, da sich dabei Schwierigkeiten mit dem Unterhaken der Hakenzapfenplatte ergeben. Auch ist das Verfahren zu teuer.

f) Die beiden Schwellenenden werden in verschiedener Länge aufserhalb der Auflagerstelle abgeschnitten und je am anderen Ende des Mittelstückes wieder angeschweifst. Dann können neue Löcher in die Schwelle gestanzt werden und gesunde Stellen der Schwelle als Auflagerstelle der Schiene dienen. Das Verfahren hat sich anscheinend nicht einführen können. Es beläfst in den Schwellen die alten geschwächten Auflagerstellen der Schienen und mag dort zu Brüchen geführt haben. Auch wird das Verfahren reichlich teuer sein.

g) Aus zwei Mittelstücken abgängiger Schwellen wird durch Stumpfschweifsung eine Schwelle hergestellt. Die Schwellenenden werden so abgeschnitten, dafs die Schnitte an der einen Seite innen neben der zerstörten Auflagerstelle, an der anderen durch die zerstörte Auflagerstelle gehen. Das Mittelstück hat dann ein zum Schweifsen geeignetes Ende, während das schlechtere Ende zur Krampe umgebogen wird. Das Verfahren, das von Eisenbahnbetriebsingenieur Kühn in Weifsenfels angegeben ist (Organ 1921, Seite 137), und um dessen umfangreichere Einführung sich besonders Reichsbahnoberrat Lehmann in Köln verdient gemacht hat, scheint sich im allgemeinen in technischer Beziehung bewährt zu haben. Vergl. auch Gleistechnik 1926, Seite 93. Aus wirtschaftlichen Gründen ist es nur anwendbar, wenn die Schwellen und der abfallende ofenfertige Schrot keine weiten Transportwege zurückzulegen haben, es sei denn, dafs die unbrauchbaren Schwellen in der Richtung der Schrotbewegung zu befördern sind und die gewonnenen Schwellen keiner Rückbeförderung bedürfen. Die Grenzen für die Wirtschaftlichkeit des Verfahrens scheint hauptsächlich in der Förderweite zu liegen, wenn man von den gewonnenen Schwellen eine zweite Liegedauer in der Höhe von zwei Dritteln bis drei Vierteln der ersten Liegedauer erwarten kann. Die zweite Liegedauer ist allerdings noch nicht nachgewiesen. Auch der Zinssatz für den Kapitalaufwand und die Kosten für den Wiedereinbau der Schwellen spielen bei der Frage der Wirtschaftlichkeit eine gewisse Rolle. Der Anwendung des Verfahrens wird jedenfalls eine genaue Wirtschaftlichkeitsberechnung vorausgehen müssen.

3. Laschen.

Von allen Auffrischungsarbeiten eiserner Oberbaustoffe dürfte dem Aufarbeiten der Laschen die gröfste Bedeutung beizumessen sein, da von dem guten Sitz der Laschen die Lebensdauer des Stofses und damit auch in vielen Fällen die Lebensdauer der Schiene, des teuersten Einzelstückes unseres Oberbaues, sowie die der Stofsschwellen abhängt. Das Auffrischen der Stofslaschen soll den guten Schlufs der Laschen gewährleisten. Hierauf ist die Arbeit einzustellen.

Solange die Nachspannbarkeit der Laschen erhalten bleibt und solange die Laschen nachgespannt werden, bleiben die Anlageflächen im Schienenquerschnitt, wie oben erwähnt, parallel zu ihrer ursprünglichen Lage, so dafs die aufgefrischte Lasche Anlageflächen erhalten mufs, die der ursprünglichen Lage im Laschenquerschnitt parallel sind.

Der Längenschnitt der Lasche richtet sich nach dem Abnutzungsgrad der Laschenkammer der Schiene, der am besten durch Messung der Abnutzung einer hinreichenden Anzahl von Schienen ermittelt wird. Bei der Festlegung der Form der aufzufrischenden Laschen ist auf genügende Aufrichtung etwa heruntergehämmerter Stöfse Rücksicht zu nehmen.

Wegen der Auffrischung selbst wird auf die Abhandlung von Wegner verwiesen.

Wichtig ist die Beschaffung und Vorhaltung der nötigen

Vorratslaschen für die Auffrischungsarbeit. Man kann bei mittleren Verkehrsverhältnissen und guter Gleisunterhaltung annehmen, dafs die Laschen nach 10 bis 15 Jahren erstmalig aufgefrischt und bei längerer Liegedauer des Gleises nach weiteren 8 bis 12 Jahren nochmals aufgefrischt werden müssen. Es ergibt sich also im Beharrungszustande ein Jahresbedarf von etwa $^1/_8$ bis $^1/_{15}$ aller im Gleis vorhandenen Laschen für die jährliche Auffrischung. Sind Rückstände nachzuholen, wie es bei Beginn der planmäfsigen Auffrischungsarbeit stets der Fall sein wird, so ist der Bedarf natürlich etwas gröfser anzunehmen. Hält man scharf auf den pünktlichen Einbau der bei den Diensstellen angelieferten Laschen, so kann damit gerechnet werden, dafs der Bestand an Laschen etwa drei bis viermal im Jahre umgesetzt wird. Hieraus ergibt sich, dafs man etwa $^1/_{24}$ bis $^1/_{60}$ aller im Gleis vorhandenen Laschen als Überbestand für die Auffrischungsarbeit, den Einbau usw. vorrätig haben mufs. Es ist bereits oben erwähnt, dafs man versuchen sollte, diesen Überbestand durch Verwendung nicht mehr gangbarer Formen (Stemmlaschen usw.), sowie durch Verwendung leichterer Laschen bei Einrichtung des Breitschwellenstofses zu gewinnen.

Der Einbau der Laschen, der im allgemeinen ein Anheben des Stofses verursacht, mufs mit Vorsicht erfolgen. Es ist durchaus falsch, die Laschen einzubauen, wenn nicht das ganze Gleis gründlich aufgearbeitet wird. Namentlich neigen die Streckenrotten anfangs vielfach hartnäckig dazu, den gehobenen Stofs nicht festzustopfen. Die Folge ist, dafs die Laschen überanstrengt werden und brechen. Die Stofsschwellen und die beiden Nachbarschwellen müssen durchaus fest liegen. Die überhöhte Lage des Stofses verschwindet allmählich von selbst, sobald die Laschen sich eingefahren haben. Da die Laschen und Schienen sich zunächst nur in einzelnen Punkten und kleineren Flächen berühren, müssen aufgefrischte Laschen anfänglich häufiger nachgespannt werden als die Laschen an neuem Gleis. Bei ordnungsmäfsigem Einbau der Laschen unter gutem Stopfen der Stofsschwellen ist nicht zu befürchten, dafs die aufgefrischten Laschen häufiger brechen als unaufgefrischte. Dies ist auch verständlich, da am aufgefrischten Stofs Schläge, wie sie unaufgefrischte Laschen auszuhalten haben, nicht mehr vorkommen. Erwähnt sei noch, dafs gelegentlich der Schwellenauswechslung im Zusammenhange die Auffrischung der Laschen eine gute Möglichkeit bietet, vom schwebenden Stofs zum Breitschwellenstofs überzugehen.

Es bleibt noch zu erwähnen, dafs das Wiederherstellen angebrochener Laschen möglich ist. Der Rifs wird zunächst durch Ausschmelzen erweitert und dann zugeschweifst. Bei sorgfältiger Arbeit erhält die Lasche wieder die ursprüngliche Tragfähigkeit. Das Verfahren ist jedoch ziemlich teuer und bedingt sehr sorgfältige, schwer zu überwachende Arbeit.

4. Die Platten.

Die offenen Unterlegplatten werden so aufgefrischt, dafs der Raum für den Schienenfufs auf die vorschriftsmäfsige Weite eingeschränkt wird; desgleichen können die ausgeschliffenen Plattenlöcher wieder auf die dem Schraubendurchmesser entsprechende Gröfse gebracht werden.

Bei den Hakenplatten begnügte man sich anfangs damit, das Loch für den Ansatz der Klemmplatte auf kaltem Wege erweitert auszustofsen und verstärkt gewalzte Klemmplatten einzubauen. Eine Verbesserung brachte dann das Niederdrücken oder Niederschlagen des Hakens, und zwar zuerst auf kaltem Wege. Am einfachsten ist es, den ausgeschliffenen Haken mit einem schweren Hammer niederzuschlagen, wobei ein Pafsstück in der Dicke des Schienenfufses unter den Haken gelegt werden mufs. Dieses Verfahren, das zunächst als sehr roh erscheinen möchte, hat sich schliefslich in mehrjähriger Ansübung doch bewährt. Wenn die Hammerschläge nicht zu heftig sind, ist nicht zu befürchten, dafs der Haken an- oder gar abbricht. Die Platte mufs zum Niederschlagen des Hakens ausgebaut sein. Als Ambofs kann allenfalls der Kopf der Fahrschiene benutzt werden, wenn die Arbeit auf der Strecke vorgenommen wird. Besser ist es, wenn ein besonderer Ambofs mitgeführt wird. Für die Arbeit auf dem Lagerplatz empfiehlt es sich, eine geeignet geformte Zange zu verwenden, die Platte und Pafsstück zugleich festhält. Es ist selbstverständlich, dafs die Arbeit nur gelegentlich einer vollständigen Gleiserneuerung, einer Schwellenauswechslung oder Schwellenverdübelung vorgenommen wird, wenn die Hakenplatten also ohnehin ausgebaut werden müssen.

In neuester Zeit werden die Hakenplatten in warmem Zustande so aufgearbeitet, dafs der Haken, der Sitz und Anschlag der Schiene und der Klammplatte und die Schraubenlöcher auf die ursprünglichen Mafse gebracht und somit alle schädlichen Abnutzungserscheinungen beseitigt werden. Das Verfahren ist zwar kostspielig, ermöglicht aber eine tadellose Wiederherstellung der Schienenbefestigung; auch bei Hakenzapfenplatten hat sich die Aufarbeitung in warmem Zustande zugleich unter Niederdrücken des Unterhakens als ausführbar erwiesen, wenn die Platten noch nicht zu dünn geschliffen sind.

Bei den Klemmplatten wird in heifsem Zustande der Anschlag für den Schienenfufs, der Anschlag für die Hakenplatte, die Sitzfläche der Schraube, die Aufsitzleiste der Klemmplatte und das Schraubenloch wieder hergestellt; in der Regel mufs der Abstand zwischen Schienenfufs und Anschlag an der Unterlegplatte durch Breitdrücken der Klemmplatte vergröfsert werden, um die Abnutzung der Hakenplatte auszugleichen.

5. Die Schrauben.

Mutterschrauben werden durch Geraderichten und Nachschneiden des Gewindes aufgearbeitet. Da dabei ein sehr genaues Aufpassen der Muttern nötig ist, um das sofortige oder baldige Schlottern und Ablaufen der Muttern zu verhindern, das Aufpassen der Muttern aber schwierig zu überwachen ist, wird die Aufarbeitung alter Mutterschrauben nicht vorteilhaft sein. Besser ist es, alte Mutterschrauben auf andere Formen umpressen und neu schneiden zu lassen.

Schwellenschrauben können gestaucht und dann mit einem neuen, angewalzten Gewinde versehen werden.

Ein erheblicher wirtschaftlicher Vorteil ist beim Aufarbeiten von Schrauben nicht zu erwarten, da die neuen Stücke nur einen geringen Preis haben und kostspielig aufzuarbeiten sind.

Die Kosten des Auffrischens ohne Ausbau und Einbau, Fuhrkosten und Stoffwert, jedoch frei Bahnwagen an der Auffrischungsstelle, betragen etwa

	Für das Stück ℳ	Für den Kilometer bei 12 m langen Schienen und 1667 Schwellen auf den Kilometer ℳ
Für Herstellen einer eisernen Schwelle aus zwei alten Schwellen	1,70	2850
Für Schweifsen von Laschen bei einem Rifs	0,75	250
Für Schweifsen von Laschen bei zwei Rissen	1,15	385
Für Aufpressen einer Lasche	0,30	100
Für Aufpressen einer offenen Unterlagplatte	0,18	600
Für Niederschlagen des Hakens bei einer Hakenplatte	0,02	67
Für vollständiges Auffrischen der Hakenplatte in heifsem Zustande	0,33	1111
Für Aufpressen einer leichten Klemmplatte	0,015	50
Für Aufpressen einer schweren Klemmplatte	0,04	133

Die Kosten für den Kilometer nach vorstehender Zusammenstellung zeigen, dafs man das Aufpressen der Laschen und Klemmplatten und das Niederschlagen der Haken nie versäumen sollte, sobald es erforderlich geworden ist. Der Aufwand ist im Vergleich zu den Kosten an Löhnen für die Gleisunterhaltung so gering, dafs er immer gerechtfertigt ist.

Bevor man zum Schweifsen von Schwellen und angebrochenen Laschen übergeht, werden genaue Wirtschaftlichkeitsberechnungen nötig sein, die aufser den Kosten des Aus- und Einbaus, der Lade- und Fuhrkosten, des Stoffwertes auch den Kapitalbedarf berücksichtigen müssen.

Für das Aufarbeiten der Unterlagplatten und der Hakenplatten ist eine Wirtschaftlichkeitsberechnung kaum möglich, da der wirtschaftliche Vorteil des besseren Schlusses der Befestigungsmittel zahlenmäfsig nicht genau genug nachweisbar ist. Dementsprechend wird das Aufarbeiten der offenen Unterlagplatten und der Hakenplatten nur in einzelnen Bezirken vorgenommen, während andere es grundsätzlich unterlassen und sich mit dem Niederschlagen der Haken begnügen.

An Einrichtungen für die Auffrischungsarbeiten sind aufser Mefsvorrichtungen für die Ermittlung der Abnutzungsgrade hauptsächlich Glühöfen, Pressen und einfache Härtungsanlagen, bei gröfserem Betriebe auch geeignete Hebe- und Fördereinrichtungen erforderlich. Die Glühöfen sollten stets einen Dauerbetrieb ermöglichen. Die Pressen müssen so beschaffen sein, dafs der verschieden starken Abnutzung der einzelnen Stücke Rechnung getragen werden kann. Pressen mit begrenztem Hub sind nicht besonders geeignet, da bei diesen die verschieden starke Abnutzung nur durch Verwendung von Prefslinealen, und auch hierdurch nur in roher Form, ausgeglichen werden kann. Wasserdruckpressen arbeiten für den Massenbetrieb im allgemeinen zu langsam. Die Behandlung der aufgefrischten Stücke während des Abkühlens mufs so erfolgen, dafs die Abnutzungsflächen wieder die Härte des neuen Stückes aufweisen.

Für den Arbeitsplan erfordert die Verwendung aufgefrischter Stoffe deshalb besondere Mafsnahmen, weil die Stoffe, im Gegensatz z. B. zum Gleisumbau, im allgemeinen nur in kleinen Einzelposten, aber an fast allen Arbeitsstellen aufkommen und dort gebraucht werden, wo Gleise gründlich aufgearbeitet werden. Es ist deshalb eine besondere Überwachung für die Verteilung und Sammlung der Stoffe nötig, wenn man nicht etwa einen ganzen Jahresbedarf vorrätig halten will: bei schärfster Verwaltung der aufgearbeiteten Teile und ebensolcher Erfassung der abgenutzten, ausgebauten Stoffe wird man mit dem Vorrat bis auf $^1/_3$ bis $^1/_4$ des Jahresbedarfs heruntergehen können.

Angesichts der beträchtlichen Ersparnisse, die die Verwendung aufgefrischter Stoffe durch Wiederherstellung eines festen Schlusses im Gleis ermöglicht, kann die grundsätzliche Durchführung der Auffrischung, vornehmlich für die Laschen und Klemmplatten, aber auch für die Hakenplatten nur dringend empfohlen werden. Eine Gleisunterhaltung, die nicht planmäfsig den festen Schlufs im Gleis durch alle vernünftigerweise vertretbaren Mittel wieder herstellt, sondern sich nur auf Regeln der Spurweite, auf Stopfen und Richten beschränkt, mufs heute als rückständig angesehen werden; denn ein Gleis, dessen Laschen und Klemmplatten aufgefrischt sind, gewinnt nicht nur um mindestens $^1/_2$ bis $^1/_3$ an Liegedauer von einer Durcharbeitung bis zur nächsten, sondern auch eine Reihe von Jahren an Gesamtlebensdauer.

Einteilung der Personenbahnhöfe.

Von Reichsbahnoberrat, Privatdozent Dr. **Karl Günther**, Aschaffenburg.

Hierzu Tafel 17.

Betrieb und Verkehr stehen in den Personenbahnhöfen oft in Widerspruch, was für den einen vorteilhaft ist, ist für den anderen hinderlich. Wenn nun auch die Rücksichten auf den Verkehr bei der Verkehrsanlage, wie sie ein Bahnhof darstellt, ausschlaggebend sein müssen, so ist es selbstverständlich, dafs ein grofser Verkehr nur von Bahnhöfen bewältigt werden kann, bei denen die Betriebsrücksichten restlose Erfüllung gefunden haben. Bei Widersprüchen gehen daher die Forderungen des Betriebes vor, umsomehr da sie die Sicherheit der Reisenden verbürgen. Die Einteilung erfolgt daher in erster Linie nach den Betriebsanlagen, in zweiter Linie nach den Verkehrsanlagen.

Die Kopfbahnhöfe, die wegen ihrer vielen Nachteile nur in Ausnahmefällen Anwendung finden dürfen, bleiben aufser Berücksichtigung.

Einteilung nach den Betriebsanlagen.

(Abb. 1, Taf. 17.) Hauptgruppen.

Die Grundlagen für die Bildung der Hauptgruppen liefert die Grundrifslage der Bahnlinien zueinander. Eine Linie kann sich in zwei Linien teilen, zwei Linien können sich kreuzen oder berühren. Diese Möglichkeiten bestehen ebenso für mehrere Bahnlinien. Hieraus ergeben sich sechs Grundformen.

Betriebsform I: Einfacher Teilungsbahnhof,
Betriebsform II: Einfacher Kreuzungsbahnhof,
Betriebsform III: Einfacher Berührungsbahnhof,
Betriebsform IV: Mehrfacher Teilungsbahnhof,
Betriebsform V: Mehrfacher Kreuzungsbahnhof,
Betriebsform VI: Mehrfacher Berührungsbahnhof.

Untergruppen.

Die Grundlagen der Einteilung nach Untergruppen bilden die Lage der einzelnen Gleise der Linien zu einander und die Art der Ausbildung ihrer Kreuzung.

Sobald die Vermehrung der beiden Hauptgleise einer Linie eintritt oder in Bahnhöfen mehrere Linien nebeneinander liegen, ist von grundlegender Bedeutung, ob »Linienbetrieb« oder »Richtungsbetrieb« in der Gleisanlage zur Ausführung gelangt. Der Linienbetrieb ist ein einfaches Nebeneinanderlegen der Linien derart, dafs die beiden Hauptgleise jeder Linie paarweise beisammenliegen und die nebeneinanderliegenden Gleise in entgegengesetzter Richtung befahren werden. Beim Richtungsbetrieb liegen die Gleise derselben Richtung nebeneinander. die Gleise gleicher Richtung sind vereinigt.

Ferner entsteht ein Unterschied, je nachdem die Kreuzungen der Hauptgleise in Schienenhöhe ausgeführt sind, »schienengleiche« Bahnhöfe, oder durch ein Bauwerk mittels Überwerfung der Gleise vermieden sind, »schienenfreie« Bahnhöfe.

Aus diesen Möglichkeiten ergeben sich die vier Untergruppen:

Untergruppe A: Schienengleicher Linienbetrieb,
Untergruppe B: Schienenfreier Linienbetrieb,
Untergruppe C: Schienengleicher Richtungsbetrieb,
Untergruppe D: Schienenfreier Richtungsbetrieb.

Einteilung nach den Verkehrsanlagen.

(Abb. 2, Taf. 17.) Hauptgruppen.

Die Grundlage für die Bildung der Hauptgruppen gibt die Grundrifslage der Gleise und des Bahnhofgebäudes zu einander. Hiernach werden fünf Hauptgruppen unterschieden.

Verkehrsform I: Seitlich liegendes Gebäude,
Verkehrsform II: Seitlich liegendes Gebäude mit den Abfertigungsräumen und in der Mitte liegendes Gebäude mit den Wartesälen und den Diensträumen,
Verkehrsform III: In der Mitte liegendes Gebäude,
Verkehrsform IV: Quer liegendes Gebäude,
Verkehrsform V: Beiderseits liegende Gebäude.



Untergruppen.

Für die Bildung der Untergruppen ist die Höhenlage der Gleise und des Bahnhofplatzes zueinander mafsgebend.

Untergruppe A: Gleise gleich hoch wie der Bahnhofplatz gelegen,
Untergruppe B: Gleise höher als der Bahnhofplatz gelegen,
Untergruppe C: Gleise tiefer als der Bahnhofplatz gelegen.

Ausführungsbeispiele.

(Abb. 3, 4 und 5, Taf. 17.)

Mit den sechs Ziffern I mit VI und den vier Buchstaben A mit D lassen sich die Betriebs- und Verkehrsanlagen jedes Bahnhofes irrtumsfrei bezeichnen.

Zusammengesetzte Formen werden durch die Ziffern und Buchstaben der Haupt- und Untergruppen, aus deren Vereinigung sie bestehen, bezeichnet.

Die Abb. 3 und 4, Taf. 17 geben eine Übersicht über ausgeführte Anlagen.

Beispielsweise gibt für den Bahnhof Aschaffenburg die Angabe I C; I A an, dafs sich die Linie von Würzburg in die Linien nach Darmstadt und Frankfurt a. M. mit schienengleichem Richtungsbetrieb teilt, ferner dafs das Bahnhofgebäude seitlich, Bahnhofplatz und Gleise in gleicher Höhe liegen.

Eine zweckmäfsige Einteilung der Bahnhöfe bietet die hilfreiche Hand, sich in diesem umfangreichen Gebiete in einfacher Weise zurecht zu finden. Die bis jetzt für die getrennten deutschen Staatsbahnen giltigen Anweisungen und Vorschriften für das Entwerfen der Bahnhöfe und ihrer Sicherungsanlagen müssen für die deutschen Reichsbahnen eine Neubearbeitung erfahren. Es wäre von Nutzen und zu begrüfsen, wenn diese Neuausgabe sich auch mit der Einteilung der Bahnhöfe befassen würde.

Aus amtlichen Erlassen der Vereinsverwaltungen.

Normblätter für Anstrichmittel der Österreichischen Bundesbahnen.

Unabhängig von der auch bei den Österreichischen Bundesbahnen in Arbeit befindlichen allgemeinen Normung hat die Generaldirektion der Österreichischen Bundesbahnen zum 1. Juli 1926 **Normblätter für Anstrichmittel** herausgegeben. In ihrer Einführung zu diesen Normblättern weisen die Österreichischen Bundesbahnen selbst darauf hin, dafs diese Materie sich gegenwärtig noch in starker Entwicklung befinde, verschiedene Streitfragen der Lösung noch harrten, so dafs diese Normblätter als starres, unveränderliches Ganzes nicht anzusehen seien, vielmehr das Fundament bilden sollten, auf welchem der weitere Ausbau erfolgen könne.

Die Normblätter stellen das Ergebnis engster Zusammenarbeit der Österreichischen Bundesbahnen mit Vertretern bahneigener und bahnfremder Verbraucher und Erzeuger dar.

Dem Einkauf der Anstrichmittel sollen künftig lediglich diese Normblätter zugrunde gelegt werden, der Einkauf auf Grund angeforderter Muster soll damit im allgemeinen hinfällig werden. Den Lieferern gehen bei Ausschreibungen die Normblätter nicht besonders zu, es ist vielmehr deren Sache, sich die Sammlung der Normblätter zu beschaffen.

Die Anstrichmittel fallen unter die »Warenhauptgruppe A« des Warenbuches der Österreichischen Bundesbahnen und zwar bilden sie die Warengruppe A 5, die wiederum unterteilt ist in die Warenuntergruppen:

A 51: Bindemittel, Verdünnungen usw.
A 52: Farbkörper, (Trockenfarben)*),
A 53: Ölfarben,
A 54: Eisenschutzfarben,
A 55: Öllacke,
A 56: Emaillelackfarben und schwarze Lacke,
A 57: Isolierlacke,
A 58: Spirituslacke,
A 59: Verschiedenes.

In den Warenuntergruppen sind die Sorten (Artikel) jeweils durch Ziffern besonders gekennzeichnet, und zwar bedeutet die hinter dem Bindestrich der Warenuntergruppen erscheinende erste Ziffer vor dem Punkt die Preisgruppe, die Ziffer nach dem Punkt die Ordnungszahl innerhalb der Preisgruppe, z. B. A 51 — 01. 1. Leinöl.

Für jede Sorte ist ein besonderes Normblatt mit der Nummernbezeichnung der Sorte aufgelegt, das in gleicher Reihenfolge enthält:

1. Verwendungszweck,
2. Lieferbedingnisse,
3. Verpackung,
4. Aufbewahrung,
5. Prüfung und Übernahme,
6. Verrechnungseinheit.

Die für alle Sorten einer Warenuntergruppe gemeinsamen Bestimmungen sind jeweils in einem oder mehreren besonderen Normblättern zusammengefafst, die zur Unterscheidung von den Normblättern der verschiedenen Warensorten das Wort »Blatt« statt des Bindestrichs tragen, z. B. »Normblatt zur Warenuntergruppe A 53, Blatt 1«.

Das Normblatt zur Warengruppe A 5, Blatt 1 enthält das Verzeichnis aller bisher aufgelegten Normblätter, Normblatt zur Warengruppe A 5, Blatt 2 die »Bundesbahn-Farbtafel«, Normblatt zu Warengruppe A 5, Blatt 3 »Allgemeines über die Prüfungs- und Übernahmebestimmungen«, A 5, Blatt 4 »Anleitung zur Musterentnahme«, A 5, Blatt 5 »Sicherheitsvorschriften für die Verwendung bleihaltiger Farben und Kitte«, A 5, Blatt 6 »Merkblatt für die Verwendung bleihaltiger Farben und Kitte«.

Zu den Normblättern der einzelnen Warensorten selbst ist noch besonders zu bemerken, dafs die Prüfungsbestimmungen als wichtigster Teil der Normung mit gröfster Sorgfalt und unter Berücksichtigung der neuesten Forschungsergebnisse ausgearbeitet wurden, die Prüfung und Übernahme im allgemeinen zu geschehen hat nach den unter 2 jeden Normblatts als »Lieferbedingnisse« angegebenen Bedingungen und nach der einschlägigen Literatur (Handbuch der Lack- und Firnisindustrie von Emil Zieke und Dr. Hans Wolff, sowie nach Professor Dr. D. Holde usw.). Die Wahl der Pigmente, Binde- und Verdünnungsmittel, Farbtöne usw. stützt sich auf die im Laufe der Zeit bei den Ö. B. B. erzielten Erfahrungen, die unter anderm darin ihren Ausdruck finden, dafs z. B. Lithopone als nicht unbedingt lichtverläfslich und wetterbeständig einheitlich durch Zinkweifs ersetzt, als indifferentestes Streckungsmittel in erster Linie Baryt vorgeschrieben, Terpentinöl als Verdünnungsmittel aufgelassen und durch das billigere, zweckentsprechende Lackbenzin ersetzt wurde. Erwähnenswert ist auch, dafs vorgeschrieben wird, dafs für Probenanstriche flache Malpinsel mit geschliffenen Borsten in Blechzwinge einer bestimmten Gröfse, einer von der Ö. B. B. bestimmten Firma zu verwenden sind. Die Normblätter zu Warenuntergruppe A 53, Blatt 1 »Allgemeines und Prüfung der Ölfarben« und auch A 54, Blatt 1 und A 52, Blatt 1 sehen vor, dafs die Lichtbeständigkeit neben der Erprobung mit natürlichem Licht auch noch versuchsweise mit der Wechselstrom-Quarzlampe von Dr. Bach zu prüfen ist, um Grundlagen für die Zulässigkeit und Verläfslichkeit einer solchen Schnellprüfung zu erlangen und diese bei günstigem Ergebnis einzuführen.

Normblatt zu Warenuntergruppe A 54, Blatt 1 enthält:

*) Die Österreichischen Bundesbahnen sehen hiernach die Beschaffung auch von Farbkörpern (Trockenfarben) vor, wohingegen die Deutsche Reichsbahn-Gesellschaft die Anstrichmittel nur noch streichfertig bezieht.

»Allgemeines, Prüfungs- und Haftungsbestimmungen der Eisenschutzfarben«. Diese sehen eine Haftung des Erzeugers (Lieferers) auf die Dauer von fünf Jahren, gerechnet vom Tage der Fertigstellung des Kontrollfeldes, vor. Unter Kontrollfeld sind hierbei Teile des Anstrichobjektes zu verstehen, die unter genauer Kontrolle von im Anstrichwesen geschulten Bahnorganen gestrichen und sichtbar hervorgehoben werden.

Die Prüfungsbestimmungen für Öllacke, Emaillelackfarben und Isolierlacke finden sich in den Normblättern zu Warenuntergruppe A 55, Blatt 1, A 56, Blatt 1 und A 57, Blatt 1.

Die Prüfung der Öllacke (A 55, Blatt 1) erstreckt sich auf Streichfähigkeit, Trockenzeit und Härte; Verlauf, Glanz und Schleifbarkeit; Elastizität bzw. Sprödigkeit sowie auf chemische Prüfungen, wie Bestimmung des Lösungsmittels und des Lackkörpers.

Für Emaillelackfarben (A 56, Blatt 1) ist vorgeschrieben die Prüfung auf Aufrührbarkeit; Kornfreiheit; Streichfähigkeit, Deckkraft, Trockenzeit, Härte, Licht-, Laugen-, Säurebeständigkeit und Waschbarkeit; Verlauf, Glanz und Schleifbarkeit; Farbton; Elastizität bzw. Sprödigkeit und chemische Prüfungen, wie Bestimmung des Lösungsmittels, Lackkörpers und des Farbkörpers.

Bei Isolierlacken (Blatt 57, Blatt 1) hat sich die Prüfung zu erstrecken auf: Trockenzeit, Korn- und Schlierenfreiheit, Durchschlagfestigkeit, Wasserbeständigkeit, Rifs- und Porenfreiheit, Säure-, Öl- und Spritzölbeständigkeit; Elastizität bzw. Sprödigkeit sowie auf die chemischen Prüfungen, wie Bestimmung des Gehalts an Mineral- und trocknenden pflanzlichen Ölen, der Säurezahl, Jodzahl usw.

Die Normensammlung »Anstrichmittel«, die allein als Grundlage für die Beschaffung aller Anstrichmittel der Österreichischen Bundesbahnen gilt, kann bezogen werden vom Materialmagazin Wien-Ost, Wien X, Hintere Südbahnstrasse Nr. 2*). Arzt.

*) An Private wird nur die vollständige Sammlung A 5 abgegeben und zwar zum Preise einschliefslich Mappe S. 20.—. Einzelblätter zum Preise von 20 g werden nur an Besitzer der ganzen Sammlung abgegeben. Die Farbtafel kostet S 2.—.

Berichte.

Allgemeines.

Kraftwagenverkehr.

Die allenthalben zu beobachtende Zunahme des Automobilverkehrs, mit dem die Eisenbahnverwaltungen teils im Wettbewerb stehen, teils unter Eingliederung in ihren Betrieb Verbindungen eingehen, gibt auch einen starken Ansporn für die konstruktive Vervollkommnung der Fahrzeuge und pafst sie ständig mehr den Bedürfnissen in fahr- und betriebstechnischer Hinsicht an. Auf der deutschen Automobil-Ausstellung 1926 war die beginnende Verwendung des Sechszylinder-Motors für Omnibusse und Lastkraftwagen die hervorstechendste Neuerung, es wird dadurch eine höhere Beschleunigung beim Anfahren und infolge der ausgeglichenen Massen eine ruhige und erschütterungsfreie Fahrt erzielt. Dazu kommt, dafs der grofse Zylinderinhalt den Motor anpassungsfähiger macht, so dafs mittlere Steigungen ohne Gangwechsel genommen werden können und die sonst hierdurch hervorgerufenen Stöfse vermindert werden. Die Firma Büssing wird in Zukunft den Sechszylinder-Motor normalerweise einbauen und auch andere Firmen wie Daimler-Benz, Faun, Komnick, Magirus, Vomag, NAG werden wohl bei mittleren und gröfseren Omnibussen dem Sechszylinder-Motor den Vorzug geben. Die MAN hat einen neuartigen kompressorlosen Sechszylinder-Dieselmotor mit einer Leistung von 80/85 PS_e bei 1400 Uml./Min. geschaffen, nachdem sich der Vierzylinder-Fahrzeug-Dieselmotor erfolgreich eingeführt hat. Die Brennstoffkosten betragen bei diesem heute mit Schweröl nur etwa $^1/_3$ der Kosten eines gleichleistungsfähigen Wagens mit Leichtöl-Vergasermotor. An Betriebssicherheit, Fahrgeschwindigkeit und Steigfähigkeit entspricht der Diesel-Lastwagen allen Anforderungen.

Die Firma Büssing hat ein Sechsrad-Fahrgestell (Tragfähigkeit 7500 kg) mit tiefliegendem Rahmen, Sechszylinder = 75 PS-Motor und Riesenluftreifen für Grofsraum-Schnellomnibusse für 70 Personen geschaffen, die auch eine bequeme und elegante Ausstattung aufweisen. Zu ruhiger und sicherer Fahrt bei den grofsen Geschwindigkeiten wird auf tiefe Schwerpunktlage des Wagens besonderer Wert gelegt, womit gleichzeitig ein leichtes und schnelles Betreten und Verlassen des Wagens ermöglicht ist. Schwierigkeiten in der glatten Durchführung des Fufsbodens sind hierbei durch besondere Konstruktionen der Hinterachse und ihres Getriebes behoben worden. — Die MAN hat eine Sonderausführung eines Niederrahmen-Omnibusses mit gekröpfter, ungeteilter Hinterachse geschaffen, dessen Fufsboden glatt durchläuft und der doch nur 590 mm über der Strafsenoberfläche liegt, so dafs er mit einer einzigen Stufe betreten werden kann. Das flach gehaltene Ausgleichgehäuse enthält nur die Kegelräder, während die Stirnradübersetzung in die Hinterräder verlegt ist, die wieder an der Aufsenseite die Bremsscheiben tragen. Eine andere Lösung, den Wagenboden möglichst tief zu legen, hat die Magirus A.-G., Ulm gewählt, die bei ihrem neuen Omnibus-Untergestell den Antrieb der Hinterachswellen durch die Kardanwelle auf die Seite gelegt und um das Ausgleichgehäuse kleiner machen zu können, ein Vorgelege zwischen Wechselgetriebe und Hinterachse in Gestellmitte eingeschaltet hat. Bei diesem Fahrgestell, wie bei dem der Daag u. a. zeigt sich auch bereits der organische Zusammenbau der Knorr-Luftdruckbremse mit den übrigen Getriebeteilen, die zusehends Verwendung findet, da sie den Einbau der heute bereits üblichen Vierradbremse und die durchgehende Bremsung zum Anhänger einfach und übersichtlich ermöglicht.



Abb. 1. Innenansicht des $1^1/_2$stöckigen Fernreise-Omnibusses der Daimler-Benz A.-G.

Im Wagenkastenbau der Omnibusse wird nach Gewichtsverminderung durch Anwendung des Spantenbaues und nach möglichster Geräuschlosigkeit gestrebt. Die Daimler-Benz A.-G., Gaggenau hat dem Mifsstand des Dröhnens ihre besondere Aufmerksamkeit zugewendet und in den bei der Stuttgarter Kraftwagenlinien-Gesellschaft laufenden Wagen einen Erfolg zu verzeichnen. Eine interessante Neuerung zeigt der $1^1/_2$ stöckige Fernreise-Omnibus für 18 Fahrgäste mit Klubsesseln der Daimler-Benz A.-G. (siehe Abb. 1). Der hintere Teil des Wagens ist so erhöht, dafs die Insassen über das Dach der vorderen Hälfte hinwegsehen. Der höher gelegene Wagenteil ist durch einige Stufen im Innern betretbar. Der untere Teil der hinteren Hälfte dient als Gepäckraum, der wegen seiner niedrigen Lage auch mit gröfseren Gepäckstücken bequem beladen werden

kann. Den gleichen Wagen bauen die Hansa-Lloyd-Werke, Bremen, der von der Reichspost bereits angekauft und als „Hochsitzomnibus“ bezeichnet ist.

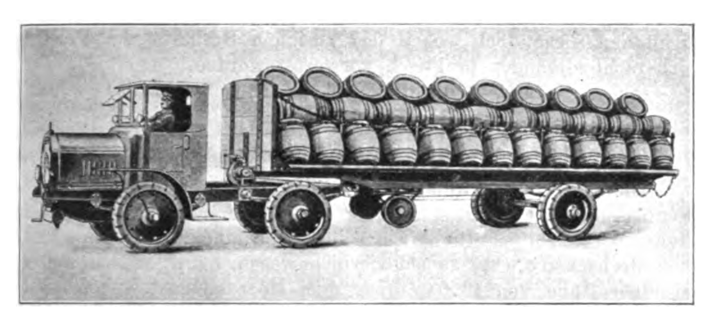


Abb. 2. NAG-Universal-Kraftschlepper als Brauereiwagen.

Bei den Lastkraftwagen wird besonders bei den 3 t-Wagen die Entwicklung als Schnellastwagen für sehr schnelle Fahrten bis zu 60 km/Std. und kleinen Lasten gefördert. — Die bekannte Grofsflächenwagen A.-G. hat dieser Verkehrsentwicklung durch den Bau eines leichten Ökonom-Zuges für geringere Lasten bis zu 3 t Rechnung getragen. Dieses Fahrzeug besteht aus einem kurzen Zugwagen, auf den Anhänger verschiedener Bauart mit ihrem Vorderteil aufgelegt werden können, so dafs sich während des Tages die verschiedenartigsten Fahrten ausführen lassen. Dieses System, als Sattelschlepper bezeichnet, wird auch von der Fried. Krupp A.-G. seit längerer Zeit gepflegt und neuerdings bauen gleiche Fahrzeuge die Waggonfabrik H. Fuchs, Heidelberg und die NAG, Berlin (Abb. 2). Mit diesem Beförderungsmittel kann ein Eisenbahnwagen von 15 t Nutzlast voll entladen werden, da er selbst 10 t trägt und mit einem zweiten Anhänger für 5 t Nutzlast gekuppelt werden kann. Derartige Leistungen sind mit den bisherigen Lastzügen bestehend aus Motorwagen und einem Anhänger wegen der bestehenden gesetzlichen Bestimmung nicht möglich, da das Höchstgewicht eines Motorwagens nur 9 t und das eines Anhängers 7,5 t betragen darf. Der Sattelschlepper zählt aber zur Klasse der Mehrachser, die ein Gesamtgewicht von 15 t haben dürfen, und der als Zugwagen mit aufgebocktem Anhänger mit einem Eigengewicht von etwa 5 t herzustellen ist. Weitere Vorteile liegen in der geringeren steuerlichen Belastung, geringeren Bedienungsmannschaft, geringeren Reifenkosten, grofsen Wendigkeit, hohen Fahrgeschwindigkeit und besonders in der günstigen Ausnutzung von Maschine und Personal. Gerade der letzte Vorzug hat dem Fahrzeug in Amerika bereits weiteste Verbreitung gebracht, und es ist anzunehmen, dafs dasselbe mit wachsendem Verkehr auch in Deutschland, zumal bei den Kraftverkehrsgesellschaften, Eingang finden wird, deren Verkehr sich in Verbindung mit der Eisenbahn günstig entwickelt.

Przygode.

Omnibusverkehr der Norfolk Southern Bahn.

Wie viele amerikanische Eisenbahngesellschaften, hat auch die genannte Bahn neuerdings den Omnibusverkehr aufgenommen und zwar auf ihrer elektrischen Strecke von Norfolk nach Virginia Beach. Gröfsere Zugpausen werden dort jetzt durch Omnibusfahrten ausgefüllt. Bemerkenswert an diesem Verkehr ist der Umstand, dafs die Omnibusse dabei eine 550 m lange Eisenbahnbrücke mitbenützen müssen, die einen Meerbusen überquert. Zunächst war die eingleisige Holzbrücke hierfür ungeeignet. Es kam weder die Fahrt zwischen den Schienen noch aufserhalb derselben in Frage, da die Omnibusse zu breit waren. Man liefs daher die Wagen mit der einen Seite zwischen den Schienen, mit der anderen aufserhalb laufen. Als Sicherung gegen ein seitliches Abstürzen der Omnibusse von der Brücke dienen nach der einen Seite die Schienen, nach der anderen eine am Brückenrand entlang geführte starke Schwelle. Die früheren Zwischenräume zwischen den Schwellen wurden durch weitere Schwellen ausgefüllt und so eine geeignete, starke Fahrbahn geschaffen.

Da der Zugverkehr zusammen mit dem neuen Omnibusbetrieb über die eingleisige Brücke sehr stark ist, mufste die Strecke durch ein besonderes Blocksystem, das auch die Omnibusse erfafst, gesichert werden. Diese können an den beiden Brückenenden erst einfahren, nachdem eine Schranke geöffnet und damit die Oberleitung für die elektrischen Züge aufser Strom gesetzt ist. Ein Zusammentreffen von Omnibus und Zug auf der Brücke ist damit ausgeschlossen.

Die von der Bahn ausgegebenen Fahrkarten gelten gleicherweise für beide Betriebsmittel.

R. D.

(Railw. Age, Mot. Transp. Sect., 1926, 2. Halbj. Nr. 17.)

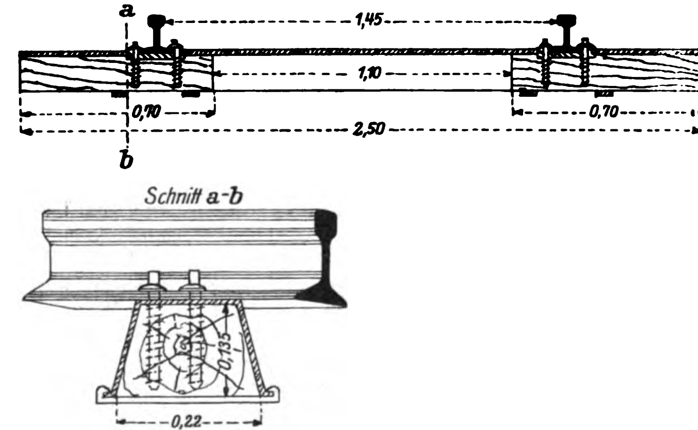
Bahnunterbau, Brücken und Tunnel; Bahnoberbau.

Lange oder kurze Schwellen.

Nach Vergleichen, die Zimmermann an Schwellen verschiedener Längen angestellt hat, senken sich die Schwellenenden gegenüber den Schwellenmitten um so früher und um so stärker, je kürzer die Schwellen sind. Um die durch mangelhafte Unterhaltung eingetretenen, bleibenden Verbiegungen der Schwellen und die Spurerweiterungen hintanzuhalten, werden die Schwellen in der Mitte weniger als an den Enden unterstopft. Zimmermann hält die Schwellenlänge von 2,70 m für die richtigste, da sich sonst die Drücke auf die Bettung zu sehr steigern. Nach Ansicht des Baudirektors Ast erzeugen die Schienen, wenn die Verlängerung der Schwellen eine gewisse Grenze überschreitet, eine Überhöhung der Schwellenenden und die überflüssig langen Schwellen tragen nicht mehr mit. Ast hält Schwellen mit nur 22 cm Breite bei Bahnen mit lebhaftem Verkehr nicht für wirtschaftlich. Auch er hält die Schwellen von 2,70 m Länge für das wirksamste Mittel, den Bettungsdruck auf das angängige Mafs herabzudrücken. Schwellen von 2,50 m Länge können für manche Zwecke wohl genügen, bei stark belegten Bahnen müfsten sie aber dann eine Breite von 30 cm erhalten. Auch der Chefingenieur der niederländischen Zentraleisenbahngesellschaft van Dijk hat diese Frage untersucht und ist zu folgenden Ergebnissen gelangt:

1. Beobachtung und Berechnung der Schwellenbeanspruchungen stimmen ziemlich gut überein.
2. Um eine Gleichmäfsigkeit der Schwelleneindrücke zu erhalten, empfiehlt es sich die Schwellen auf eine Länge von mindestens $u = 2s - L$, wo s = Schienenabstand und L = Schwellenlänge ist, in Schwellenmitte nicht zu unterkrampen.
3. Eine Schwellenlänge von 2,60 m wird als die untere Grenze der zweckmäfsigen Schwellenlänge betrachtet.
4. Bei einer Bettungsziffer $C = 8$ ist die Druckverteilung einer 2,50 m langen Schwelle noch günstig.

Bei älteren Strecken der österreichischen Bahnen finden sich noch Schwellen von 2,40 m Länge, während sie bei den übrigen Bahnen zwischen 2,50 und 2,70 m schwanken.



Verbundschwelle nach Cuënot.

Auf den französischen Bahnen wurden Versuche mit sogenannten Verbundschwellen nach Cuënot gemacht. Die damit erzielten Erfahrungen weichen von den bisher gemachten wesentlich ab. Die Verbundschwelle ist aus der Abbildung ersichtlich. Die Versuchsstrecke lag in der Wagrechten eines Hauptbahngleises zwischen den Neigungen von 8,9 ‰ und 4,6 ‰ im Einlauf einer Kurve von 600 m Halbmesser. Zwischen elf Eichenschwellen war immer eine Verbund-

schwelle eingelegt. Die Schienen hatten 34,5 und 39 kg Metergewicht. Die Bettung bestand aus kalkhaltigem Kiesel und tonigem Sand. Das bei trockenem Wetter sehr dichte Gemenge war bei Regen eine teigförmige Masse.

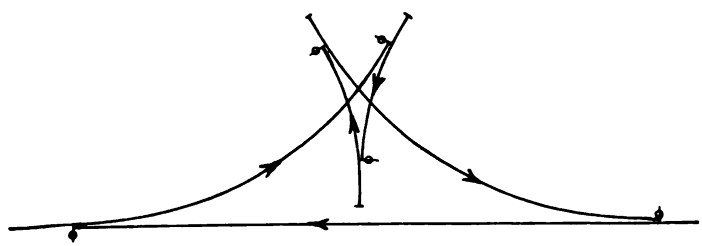
Bei ruhender Last zeigten die Biegungslinien der Verbundschwellen die Form eines Trogquerschnittes; sie fallen gegen die Schiene steil ab und verlaufen zwischen den Schienen fast wagrecht mit leichtem Ansteigen gegen die Schwellenmitte. Die Verbundschwellen erlitten geringere Durchbiegungen als die Holzschwellen. Die Biegungslinien neigten sich nach der Seite, wo die Bettung dem stärksten Druck ausgesetzt war, also bei Kurven gegen die innere Schiene. Die Einsenkung der Verbundschwellen war gröfser als die der Holzschwellen. Während sich bei den Holzschwellen die Einsenkungen bei den zu verschiedenen Zeiten angestellten Beobachtungen gleichmäfsig fortsetzten, nahmen sie bei den Verbundschwellen sehr schnell ab, ein Zeichen, dafs die Verbundschwellen schneller ihre endgültige Lage im Schotterbett fanden. Aus den Beobachtungen ergab sich, dafs die Durchbiegung der Verbundschwellen geringer, nur etwa $^1/_5$, als bei den Holzschwellen ist. Die Gesamtbewegung des Gleises im lotrechten Sinne (Senkung und Durchbiegung) war bis zu 20% geringer als bei den Holzschwellen. Cuënot hält die Annahme, dafs die belastete Schwelle auf ihrer ganzen Länge trage, nicht als zutreffend und mithin auch die Annahme, dafs die Senkung der Schwelle in jedem Punkt ihrer Grundfläche im geraden Verhältnis zum Druck stehe nicht als zulässig. Es ergab sich aus den Versuchen weiter, dafs die Einsenkung der Schwelle durch ihre Verlängerung nicht vermindert werden kann, dafs vielmehr die Verlängerung nachteilig wirkt. Eine Verbesserung des Oberbaues kann daher nur durch Vergröfserung der Schwellenbreite und des Trägheitsmomentes der Schwelle erreicht werden. Cuënot meint auch, dafs die Bettungsziffer statt gleich 8, wie bisher, gleich 15 bis 20 angenommen werden kann. Bei den Cuënotschen Versuchen bogen sich die langen Schwellen nach unten, die kurzen nach oben durch. Die Schwellenlänge, bei der weder eine Biegung nach oben noch nach unten erfolgen wird, wurde zu 2,20 m ermittelt. Die Durchbiegungen bei bewegter Last waren durchwegs 10 bis 20% geringer als bei ruhender Last.

Nach den Versuchen von Cuënot könnte bei einer Schwellenlänge von 2,20 m gegenüber einer Schwellenlänge von 2,70 m 18% an Schwellenmaterial erspart werden. Hierzu kämen noch die Einsparungen an Bettungsstoff wegen der geringeren Breite des Schotterbettes und die verminderte Unterhaltungsarbeit. Wenn auch die Versuche von Cuënot beachtenswerte Ergebnisse geliefert haben, so können diese doch wegen des geringen Umfangs der Versuche noch nicht allgemein praktisch verwertet werden.

(Schweizerische Bauzeitung, Bd. 86, Heft 9 und 12.) Wa.

Spitzkehre zum Wenden von Lokomotiven.

Die beschriebene Anlage wurde in der italienischen Grenzstation Brenner gebaut. An diesem Punkte der österreichisch-italienischen Grenze wechseln sämtliche Züge ihre Maschinen. Die Einrichtung einer Drehscheibe wäre zu schwierig gewesen, hauptsächlich weil sie bei einer Höhe von 1370 m über dem Meeresspiegel gegen Schnee und Wind geschützt werden mufs und weil keinerlei Kraftquelle zu ihrer Bewegung zur Verfügung steht. Für eine gewöhnliche Spitzkehre als Ersatz der Drehscheibe ist der Zwischenraum zwischen dem Maschinengleis und dem Berg (140 m) ungenügend. Es wurde daher die in der Abbildung angegebene Gleisanordnung getroffen. Der kleinste Halbmesser ist 142 m. Das Gleis besteht aus Schienen von 34 kg Metergewicht. Um jede Ausgabe für Bedienung zu vermeiden sind die Weichenzungen aufschneidbar. Durch ein Gegengewicht werden sie immer wieder in die Grundstellung gebracht. Die Gesamtlänge der Anlage ist 220 m, die Breite 90 m. Das Drehen einer Maschine erfordert etwa vier Minuten. Wa.



Spitzkehre zum Wenden von Lokomotiven.

(Révue générale des Chemins de fer, November 1926, S. 428.)

Lokomotiven und Wagen.

Die neuen Einheitslokomotiven der Deutschen Reichsbahn-Gesellschaft.

Die Deutsche Reichsbahn-Gesellschaft wird, um die Beschaffung und Unterhaltung der Lokomotiven möglichst wirtschaftlich zu gestalten, für künftige Neubauten nur mehr eine beschränkte Anzahl von Lokomotivgattungen verwenden, die nach den Grundsätzen der Normung und Typisierung gebaut werden. Zur Durchbildung dieser Einheitslokomotiven wurde das „Vereinheitlichungsbüro für Reichsbahnlokomotiven" gegründet, das in Berlin in engster Fühlungnahme mit der Reichsbahn arbeitet und zu dem sämtliche deutschen Lokomotivbauanstalten Mitarbeiter abgeordnet haben. Die ersten aus dieser Zusammenarbeit entstandenen Maschinen sind die neuen 2 C 1 Schnellzuglokomotiven und 1 E Güterzuglokomotiven (siehe Abb. 1 und 2).

Die Schnellzuglokomotiven wurden zur Hälfte als Zwillingslokomotiven, zur Hälfte als Vierzylinderverbundlokomotiven gebaut; beide Bauarten sind so durchgebildet, dafs jede von ihnen später in die sich als wirtschaftlicher erweisende umgebaut werden kann. Die Lokomotive vermag Züge von 800 t auf der Wagrechten mit einer Geschwindigkeit von 110 km/h zu befördern; dies entspricht einer Leistung von 1800 PS am Zughaken und 2400 PS_i. Der Treibraddurchmesser von 2000 mm kennzeichnet die Maschine als ausgesprochene Flachlandmaschine. Der Langkessel besteht aus nur zwei Schüssen, von denen der hintere den Reglerdom, der vordere den Speisedom trägt. Nach vorne schliefst sich an den Langkessel die 3800 mm lange Rauchkammer an, in die oben quer ein Abdampfvorwärmer eingebaut ist. In seitlichen Nischen sind Luft- und Speisewasserpumpe untergebracht. Der Überhitzersammelkasten ist zweiteilig mit getrennter Nafs- und Heifsdampfkammer ausgeführt. Die neue Bauart Schmidt und Wagner des Dampfreglers unterscheidet sich von den übrigen Ventilreglern dadurch, dafs Hauptventil und Hilfsventil nicht mechanisch, sondern während des ganzen Hubes nur pneumatisch miteinander gekuppelt sind. Der Stehkessel ist als Fortsetzung des Langkessels mit runder Decke und senkrechten Seitenwänden ausgeführt. Zum ersten Male bei einer ganzen Lieferung sind bei den Einheitsschnellzuglokomotiven im Gewinde dichtende

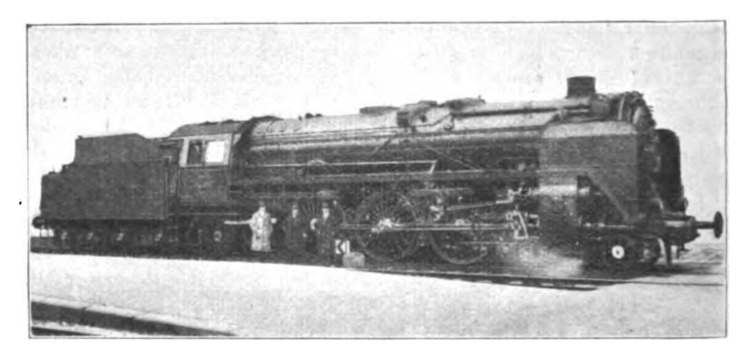


Abb. 1. 2 C 1 Schnellzuglokomotive.

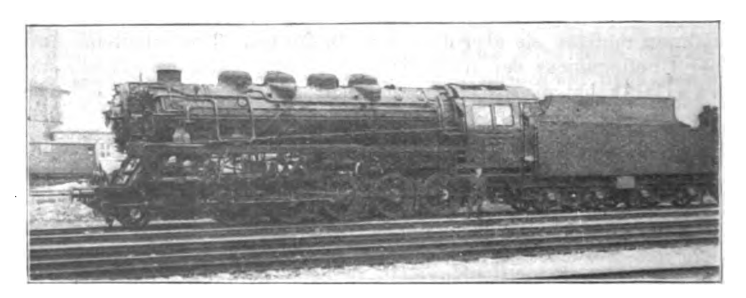


Abb. 2. 1 E Güterzuglokomotive.

Übermafsstehbolzen verwendet. Als besondere Neuerungen sind noch zu erwähnen die Rückführung des Vorwärmerkondensates



zum Tender, der luftgesteuerte Druckausgleicher mit zwei Eckventilen statt des bisherigen Mittelventiles, der Wegfall der Luftsaugeventile sowie die gänzliche Umgestaltung der Dampfheizanlage.

Die 1 E Güterzuglokomotive wurde sowohl als Zwei- wie Dreizylinderlokomotive entwickelt, um die Vor- und Nachteile beider Bauarten im Betrieb erproben zu können und die Frage für spätere Beschaffungen grundsätzlich zu klären. Der Achsdruck beträgt 20 t, wie bei allen Einheitslokomotiven. Vorne wird die Maschine von einem Helmholtz-Drehgestell geführt. Bei der Drillingsmaschine arbeiten die beiden äufseren Zylinder auf die dritte Kuppelachse, der mittlere greift an der zweiten Kuppelachse an. Die Innensteuerung ist auch bei der Dreizylinderlokomotive als Einzelsteuerung mit Antrieb von der dritten Kuppelachse aus vorgesehen. Die äufsere Steuerung ist mit Aufwerfhebel und Kuhnscher Schleife ausgebildet. Der Aufbau des Kessels entspricht dem Grundsatz, auch gröfsere Bauteile bei mehreren Lokomotivgattungen einheitlich verwenden zu können. Der Langkessel mit seiner gesamten Ausrüstung stimmt mit dem der 2 C 1 Schnellzuglokomotive vollkommen überein. Der Rost konnte in erwünschter Weise schmaler und länger ausgebildet werden, da er wegen des kleineren Durchmessers der Treibräder über diesen angeordnet werden kann Rückführung des Vorwärmerkondensates und Dampfheizanlage sind ebenso wie bei der Schnellzuglokomotive durchgebildet. Sämtliche gekuppelten Achsen werden einseitig gebremst; ebenso sind vor jeder Kuppelachse Sandstreurohre angebracht. Um bei längeren Talfahrten die Bremsklotzabnützung zu vermindern, ist die Maschine mit Gegendruckbremse ausgerüstet.

Bei einer Versuchsfahrt auf der Strecke Rothenkirchen—Probstzella erreichte die 1 E Güterzuglokomotive mit einem Zug von 656 t in der Steigung 1 : 40 eine Beharrungsgeschwindigkeit von 14 km/h; die Zugkraft betrug 18000 kg, die Füllung 50 %.

Der Tender der 1 E Güterzuglokomotive läuft auf zwei Drehgestellen und fafst 32 m³ Wasser und 10 t Kohle; der gleiche Tender soll später auch für die 2 C 1 Lokomotive verwendet werden. Diese ist länger als die 1 E Lokomotive und mufste daher, um den mit Rücksicht auf die bisherigen 20 m langen Drehscheiben geforderten Gesamtradstand von höchstens 19,3 m einhalten zu können, zunächst mit einem etwas kleineren Tender bayerischer Bauart mit einem Drehgestell und zwei festen Achsen ausgerüstet werden.

Die Hauptabmessungen der beiden Einheitslokomotiven sind:

	2 C 1 Lokomotive		1 E Lokomotive	
	2-Zylind.-Lokomotive	4-Zylinder-Lokomotive	2-Zylind.-Lokomotive	3-Zylind.-Lokomotive
Zylinderdurchmesser	650 mm	2 × 460/720 mm	720 mm	3 × 600 mm
Kolbenhub	660 mm		660 mm	
Treibraddurchmesser	2000 „		1400 „	
Laufraddurchmesser am Drehgestell	850 „		850 „	
Laufraddurchmesser an der Schleppachse	1250 „		—	
Laufraddurchmesser der Tenderräder	1000 „		1000 „	
Fester Achsstand	4600 „		3400 „	
Gesamter Achsstand einschliefslich Tender	19250 „		19190 „	
Höchstgeschwindigkeit	120 km/h		70 km/h	
Betriebsdruck des Kessels	14 at	16 at	14 at	
Rostfläche R	4,5 m²		4,7 m²	
Durchmesser der Heizrohre (129 Stück)	49/54 mm		49/54 mm	
Durchmesser der Rauchrohre (43 Stück)	135/143 „		135/143 „	
Durchmesser der Überhitzerrohre	30/38 „		30/38 „	
Rohrlänge	5800 „		5800 „	
Feuerberührte: Heizfläche der Feuerbüchse	17 m²		18 m²	
Feuerberührte: Heizfläche der Rohre	221 „		221 „	
Feuerberührte: Gesamte Verdampfungsheizfläche H	238 „		239 „	
Überhitzerheizfläche	100 „		100 „	
H : R	53		50,8	
Reibungsgewicht der Lokomotive G_1	60,1 t		97,1 t	98,5 t
Dienstgewicht der Lokomotive G	109,3 t	113,6 t	111,3 t	113,6 t
Dienstgewicht des Tenders	68 t		75,6 t	
H : G	2,17	2,10	2,14	2,10
Vorrat an Wasser	30 m³		32 m³	
Vorrat an Kohle	10 t		10 t	

Eine ausführliche Beschreibung der Schnellzuglokomotive ist in Heft 52, Jahrgang 1926, der Z. V. D. I. enthalten. A. P.

2 C 1-h 2 Schnellzuglokomotive für die Brasilianische Zentralbahn, die 3000. Lokomotive der Linke-Hofmann-Lauchhammer A.-G.

Die nach Entwürfen der Firma am 27. Februar 1926 fertiggestellte Lokomotive ist im allgemeinen Aufbau nach amerikanischen, in der Ausführung der Einzelteile jedoch nach den in Deutschland üblichen Grundsätzen gebaut. Sie gehörte zu einem gröfseren Auftrag der Brasilianischen Bundesbahnen, der sechs verschiedene Typen umfafste*).

Die Lokomotive besitzt Barrenrahmen, die aus 100 mm starken Platten herausgearbeitet und mittels Blechverstrebungen und Stahlgufsstücken versteift sind. Die beiden Zylinder sind in der Mitte zu einem Sattel verbunden. Die Kuppelachsen sind fest gelagert; doch wurden die Spurkränze der Treibräder um 8 mm schwächer gedreht. Das vordere Drehgestell hat 40 mm Seitenverschiebung, die Schleppachse 100 mm Ausschlag nach jeder Seite. Die Lokomotive vermag so Krümmungen bis herab auf 180 m Halbmesser zwanglos zu durchfahren. Die Tragfedern der Kuppelachsen liegen sämtlich oberhalb der Achslager und sind durch Ausgleichhebel miteinander verbunden. Das Gestell der Schleppachse besteht aus zwei doppelten Blechrahmen, die durch U-Eisen und Stahlgufsstücke miteinander verbunden sind. Die Deichsel liegt mit ihren vorderen Enden in den Federn der letzten Kuppelachse und wirkt so als Ausgleichhebel. Der hintere Rahmenteil stützt sich auf zwei, rechts und links am Schleppgestell auf Stahlgufsstücken angebrachte, kugelförmige Lagerpfannen. Die Achslager haben selbsttätig nachstellende Achslagerkeile, Bauart Franklin.

Die Treibzapfen haben einen Durchmesser von 175 mm und eine Schenkellänge von 180 mm. Die Heusingersteuerung wird durch einen Franklin-Druckluft-Umsteuerungsautomaten eingestellt. Zur Schmierung der Zylinder dient ein im Führerhaus eingebauter Dampf-Sichtöler, Bauart Friedmann.

Der Kessel ist für die Verfeuerung brasilianischer Lignit-Kohle eingerichtet. Die stählerne Feuerbüchse, die von fünf eingeschweifsten, den Feuerschirm tragenden Wasserrohren durchzogen wird, besitzt eine radial gewölbte Decke und eine Verbrennungskammer. Der Langkessel besteht aus drei Schüssen. Da die Beschickung des grofsen Rostes von zwei Heizern ausgeführt wird, erhielt die Stehkessel-Hinterwand zwei grofse, ovale Feuerlöcher, die durch zwei selbsttätige oder von Hand zu bedienende Franklin-Feuertürme abgeschlossen werden. Der Rost ist als Schüttelrost ausgebildet und mittels zweier Dampfkolben bewegbar.

Die Lokomotive hat Dampf- und Druckluftbremse und vollständige elektrische Beleuchtungseinrichtung Bauart Pöge. Der Turbogenerator befindet sich links neben dem Schornstein. Aufser den üblichen Kopflaternen befinden sich vorn und hinten an der Lokomotive bzw. dem Tender Steckkontakte für die Zugbeleuchtung, ferner über dem Triebwerk rechts und links je zwei Beleuchtungskörper sowie im Führerhaus eine Deckenlaterne und mehrere kleine Beleuchtungskörper für die Mefsapparate.

Die Lokomotive macht mit ihren ruhigen Formen und dem bordeauxroten Anstrich rein äufserlich einen sehr vorteilhaften Eindruck.

*) Vergl. Organ 1926 Heft 16, S. 343.

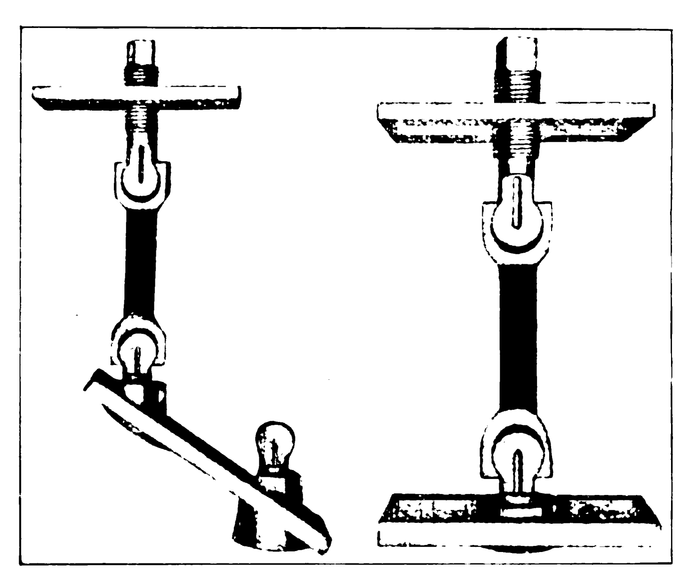
Ihre Hauptabmessungen sind:

Kesselüberdruck p	13,36 at
Zylinderdurchmesser d	585 mm
Kolbenhub h	660 „
Kesseldurchmesser, innen, gröfster (hinten)	2000 „
Kesselmitte über Schienenoberkante	3000 „
Heizrohre, Anzahl	181 Stck.
„ Durchmesser	45/50 mm
Rauchrohre, Anzahl	32 Stck.
„ Durchmesser	125/133 mm
Rohrlänge	5500 „
Verdampfungs-Heizfläche	258,8 m²
Heizfläche des Überhitzers	65,0 „
„ — im ganzen — H	323,8 „
Rostfläche R	6,82 „
Durchmesser der Treibräder D	1730 mm
„ „ Laufräder vorn 1000, hinten	1300 „
Fester Achsstand (Kuppelachsen)	3810 „
Ganzer Achsstand der Lokomotive	11 100 „
Reibungsgewicht G^1	60 t
Dienstgewicht der Lokomotive G	105 „
Dienstgewicht des Tenders	48 „
Leergewicht „ „	23 „
Achsenzahl	4 Stck.
Vorrat an Wasser	17 m³
„ „ Brennstoff	8 t
Verhältnis H : R	47,5
H : G	3,1 m²/t
$H : G_1$	5,4 „

(Verk. Techn. Woche 1926, Heft 29) R. D.

Der Pitkin-Gelenkstehbolzen.

Das häufig beobachtete Brechen des festen Stehbolzens in der Nähe der äufseren Platte gab den Anlafs zur Einführung des Gelenkstehbolzens mit einem Gelenk in der Nähe der Aufsenwand, wodurch die Beanspruchung des Bolzens an dieser Stelle sehr erheblich vermindert wurde. Die Verschiebung der beiden Wände infolge der Wärmedehnungen erzeugt jedoch immer noch Spannungen in der Nähe der dünneren Feuerbuchswand; der Bolzen macht die gegenseitigen Bewegungen beider Wände mit und erweitert so allmählich das Stehbolzenloch an der Wasserseite der inneren Platte, so dafs deren feine Gewindegänge angefressen werden und schliefslich nicht nur der Bolzen, sondern auch die Wand erneuert werden mufs. Der Pitkin-Stehbolzen soll dies vermeiden.



Pitkin Gelenkstehbolzen.

Die Abbildung zeigt die verstärkten Hohlkugelenden der Bolzen und den Ausdehnungsraum zwischen Kugel und Bolzen; der Bolzen selbst ist stärker gehalten als die angebohrten Kugelzapfen in den Wänden, so dafs ein Bolzenbruch immer erkennbar sein wird. Da die Verschiebung zwischen Aufsen- und Innenwand nur gering ist, hat der Winkelzug auf die innere Gelenkverbindung praktisch keinen Einflufs; diese kleine Verschiebung soll aber anderseits genügen, um die Kugel frei von Kesselsteinablagerungen zu halten, welche bisher die halbgelenkigen Stehbolzen manchmal in feste verwandelt hatten.

(Railw. Age, 1. Hälfte 1926, Nr. 25.) Bttgr.

Betrieb in technischer Beziehung. Signalwesen.

Zwei Neuerungen im Verschiebedienst amerikanischer Eisenbahnen.

Der Bedienung der Verteilungsweichen am Fufse eines Ablaufbergs die Anweisungen zu erteilen, in welches Gleis sie die einzelnen ablaufenden Wagen leiten sollen, hat bekanntlich erhebliche Schwierigkeiten. In den Vereinigten Staaten hat man neuerdings zu diesem Zweck zwei Neuerungen angewendet und macht mit ihnen anscheinend gute Erfahrungen, nämlich den Drucktelegraphen und den Lautsprecher mit drahtloser Übermittlung der Befehle.

Die Telegraphenanlage befindet sich auf dem Bahnhof Gibson der Indiana Harbor Belt-Eisenbahn. Sie besteht aus einem Sender in einem Bureauraum und in Empfängern im Dienstraum des den Zugbildungsdienst leitenden Beamten und in den Türmen, von denen aus die Verteilungsweichen gestellt und die Gleisbremsen bedient werden. Wenn ein Güterzug einfährt, schickt sein Führer die Begleitpapiere durch eine Rohrpost in das Bureau, wo die Wagen nach ihrem Ziel und ihrer Beladung ausgezeichnet werden. Der den Sender bedienende Beamte telegraphiert dann an die angeschlossenen Stellen eine Beschreibung des eingelaufenen Zuges in Listenform. In der Zeit, die nötig ist, um die Zuglokomotive abzukuppeln und beiseite zu fahren, die Drucklokomotive anzusetzen und den Zug bis auf den Gipfel des Ablaufrückens zu drücken, sind auch bereits alle Beteiligten unterrichtet, in welche Gleise die einzelnen Wagen ablaufen sollen. Früher wurden die Listen für den Ablauf des Zuges in mehrfacher Ausfertigung mit der Schreibmaschine angefertigt und durch einen Boten verteilt. Das neue Verfahren arbeitet erheblich schneller; wenn der Zug ablaufbereit steht, kann das Ablaufen ohne Zeitverlust sofort beginnen, da alle Beteiligten bereits ihre Anweisungen haben. Aufserdem werden die Gefahren ausgeschaltet, die die Boten beim Verteilen der Listen und bei dem dabei unvermeidlichen Überschreiten der Gleise bedrohen.

Eine Wagenliste für den Ablauf enthält am Kopf die Angabe des Gleises, in das der Zug eingefahren ist, die Angabe, wo er her kommt, die Nummer der Lokomotive und den Namen des Führers den Tag und die Stunde des Einlaufens. Dann folgt die Aufzählung der Wagen. Für jeden Wagen auf einer besonderen Zeile wird die fortlaufende Ordnungsnummer, die Nummer des Wagens, eine Angabe seines Gewichts und die Bezeichnung des Gleises, in das er geleitet werden soll, angegeben. In bezug auf das Gewicht bedeutet „E" (empty) einen leeren Wagen, „L L" einen solchen bis 20 t Gewicht, „L" (light) einen solchen zwischen 20 und 50 t, „X L" einen Wagen zwischen 50 und 57 t und „X X L" einen solchen über 57 t Gewicht. Die Verschiebemannschaften erfahren also nicht nur in welches Gleis die Wagen ablaufen sollen, sondern auch ob die Wagen schneller oder langsamer ablaufen werden, und bedienen danach sowohl die Weichen, als auch die Gleisbremsen. Die Wagenliste erscheint infolge ihrer Übermittlung durch den Draht an allen Empfangsstellen gleichzeitig. Der Streifen, der sie enthält, wird vom Empfangsapparat abgerissen und an sichtbarer und erreichbarer Stelle aufgehängt. Am Kopf des Ablaufrückens werden nach dieser Anweisung die Kupplungen gelöst, so dafs die Wagen einzeln oder, wenn mehrere hintereinander stehende dasselbe Gleis als Ziel haben, in Gruppen ablaufen, und die Weichensteller bedienen danach Weichen und Gleisbremsen. Jeden vorüberrollenden Wagen streichen sie dabei ab; sie brauchen sich dabei nur selten die Mühe zu machen, die Eigennummer des Wagens festzustellen, es genügt, sich nach der schneller zu erfassenden Ordnungsnummer zu richten. Irrtümer scheinen dabei nur selten vorzukommen, obgleich die Zuteilung der richtigen Ordnungsnummer zu den Wagen nur von der Aufmerksamkeit und dem Gedächtnis der Bedienungsmannschaft abhängt.

Die erste Anwendung des Lautsprechers mit drahtloser Übermittlung zur Leitung des Zugumbildungsdienstes findet sich auf dem Gemeinschaftsbahnhof in St. Paul, Minn. Die Anlage besteht aus 32 Lautsprechern, die, auf die einzelnen Weichenbezirke verteilt, auf 9 m hohen Masten angebracht sind, ferner aus einem Sender im Dienst-

zimmer des Bahnhofsvorstehers, einem Verstärker und den nötigen Nebenanlagen zur Lieferung des Stromes und dergl. Der Verstärker ermöglicht zwei verschiedene Grade der Verstärkung. Obgleich diese, damit die Stimme das Geräusch der abrollenden Wagen übertönen mufs, ziemlich weit getrieben werden mufs, werden die Worte doch ohne Verzerrung gehört; selbst bei starkem Verkehr werden die Befehle an allen Stellen deutlich aufgenommen. Es wird in drei Schichten gearbeitet; in den beiden ersten arbeiten je 14 Weichensteller, die 240 bis 250 Bewegungen auszuführen haben; in der dritten Schicht sind nur vier Mann anwesend, und die Zahl der Bewegungen ist 99. Aus diesen Zahlen kann man wohl schliefsen, dafs es sich um einen Bahnhof mit lebhaftem Betrieb handelt, und eine schnelle und sichere Befehlsübermittlung an die Weichensteller ist also bei ihm von Bedeutung. Der Rundfunk scheint die Möglichkeit einer zweckmäfsigen Lösung der hier gestellten Aufgabe zu bieten.

Wertvoll wäre es bei beiden Anlagen, etwas über die Kosten, sowohl der ersten Einrichtung wie des Betriebes, zu erfahren, doch ist es sehr wohl möglich, dafs die Anlagen trotz hoher Kosten, weil sie eine weitgehende Sicherheit und Schnelligkeit des Ablaufbetriebes gewährleisten, anderen vorzuziehen sind, bei denen dies nicht der Fall ist und die sich nur dadurch empfehlen, dafs sie keinen erheblichen Aufwand an Geld und Vorrichtungen erfordern; die Kosten brauchen hier unter Umständen nicht den Ausschlag zu geben.

Wernekke.

Gleisbremsen in französischen Verschiebebahnhöfen.

Im Bulletin (Juliheft 1926) behandelt der Ingenieur Cadis zwei Systeme von Gleisbremsen, die auf französischen Verschiebebahnhöfen eingebaut sind.

Der Ablaufberg des Bahnhofes Narbonne ist so angelegt, dafs ein Langsamläufer bei den ungünstigsten Witterungsverhältnissen gerade noch abläuft. Die dort eingebaute hydrodynamische Gleisbremse wurde so konstruiert, dafs ein Schnelläufer bei günstigen Verhältnissen so abgebremst wird, dafs er von den Abfängern gefahrlos aufgefangen werden kann. Die Bremse ist zwischen dem Gipfel und der ersten Verteilungsweiche eingebaut und wurde von der Firma Trayvon in Lyon geliefert. Sie besteht aus vier hintereinander liegenden Bremsbalken von je 3,68 m Länge im Abstand von 50 mm von der Schiene (siehe Abb. 1). Diese vier Teile können unabhängig voneinander bedient werden. Jedes Glied ist aus zwei Gegenschienen zusammengesetzt, einer fest eingebauten gegenüber der linken Schiene und einer beweglichen an der rechten Schienenseite. Bei der Ruhestellung der Gleisbremse beträgt der äufsere Abstand der Gegenschienen 1,350 m. Dieses Mafs kann auf einen Abstand von 1,390 m im Höchstfall gebracht werden. Mit der Gleisbremse wurden sehr günstige Wirkungen erzielt. Unfälle sind bis jetzt nicht vorgekommen.

Zur Zeit wird ein Versuch gemacht, dieses Bremssystem in jedem Gleis der Harfe einzubauen, um dadurch die Abfänger einzusparen. Nach den ersten Ergebnissen zu urteilen, wird dieses Ziel erreicht werden können.

Wegen der beschränkten Längenentwicklungsmöglichkeit des Verschiebebahnhofs Bordeaux mufste die erste Verteilungsweiche der Harfe in die schiefe Ebene des Ablaufberges verlegt werden. Es war daher die Einschaltung einer Gleisbremse zwischen Scheitelpunkt und der ersten Verteilungsweiche unmöglich, da die Gefahr bestand, dafs ein abgebremster Wagen durch einen nachfolgenden eingeholt würde. Man entschlofs sich daher im vorderen Teil der Ablaufgleise je eine Gleisbremse vorzusehen. Es wurden hierfür elektrisch gesteuerte Radschuhe konstruiert, die von einer hochgelegenen Schaltstelle aus bedient werden. Der Radschuh wird an einer Stange geführt, die parallel zum Gleis verläuft (siehe Abb. 2). Er ist um eine lotrechte Achse drehbar. Auf der unteren Seite des Schuhes ist ein Flansch angebracht, der am Kopf einer Beischiene entlangläuft. Das Ende der letzteren ist abgebogen, um eine Lösung des Rades vom Radschuh herbeizuführen. Auf einer Achse, parallel zur Führungsstange sind mehrere 50 cm lange starke Federn hintereinander angebracht, auf die der Radschuh während des Bremsvorganges einwirkt. Die Bremswirkung wird einerseits durch das Schleifen des Radschuhes auf der Schiene und der Beischiene, andererseits durch das Zusammendrücken der Federn durch den Radschuh erzeugt.

Beim Gleiten des Radschuhes werden durch einen Greifer die Federn der Reihe nach zusammengedrückt und durch eine Kontaktvorrichtung wieder gelöst. Ist der Radschuh frei, so schnellt er selbsttätig durch die Federkraft wieder in die Ruhelage zurück. Im allgemeinen kann eine Gruppe von drei Wagen mit einem Radstand von je 3,40 m zweimal gebremst werden.

Durch den Einbau dieser Gleisbremsen wurde die Leistungsfähigkeit des Berges um 33 % erhöht. Wenn alle Ablaufgleise mit der Bremse ausgerüstet sind, kann eine Personalersparnis von etwa 50 % erzielt werden. Die Zahl der Wagenbeschädigungen durch Aufstofs ist geringer geworden.

Sch.

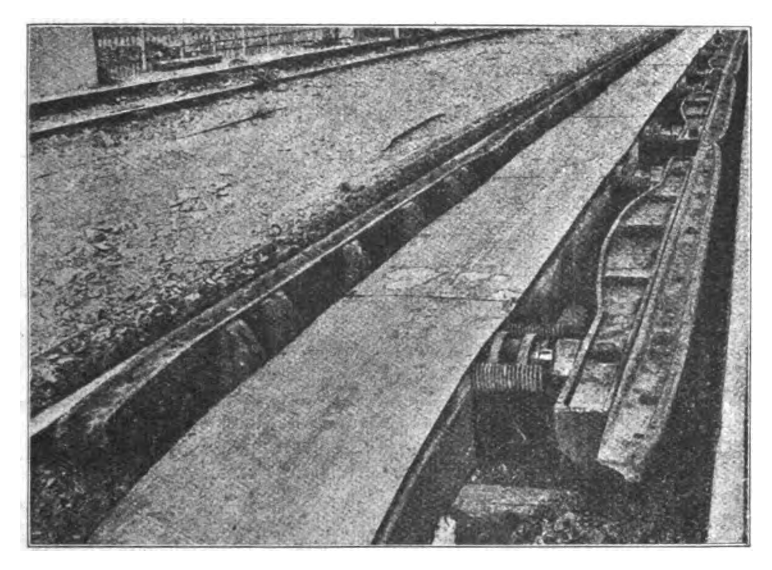




Abb. 1.

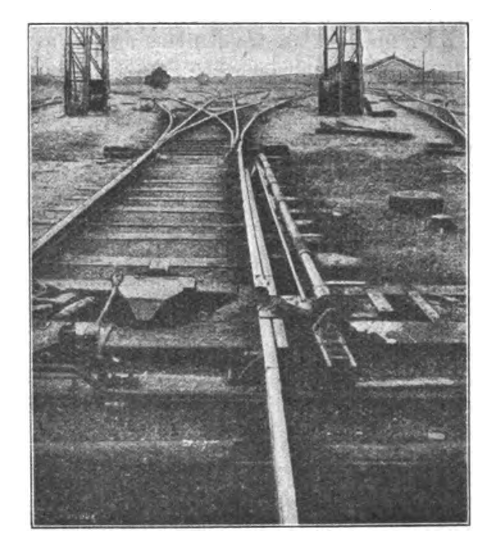


Abb. 2.

Buchbesprechungen.

Hebe- und Förderanlagen von Dr. Ing. e. h. H. Aumund, Prof. an der technischen Hochschule Berlin. Zweiter Band. Zweite Auflage 1926. Verlag von J. Springer, Berlin. Preis 42 RM.

Der vor kurzem erschienene erste Band des Werkes enthielt die allgemeine Anordnung und Verwendung der Förder- und Hebezeuge (vergl. Nr. 19 des Organs 1926) und war besonders für Studierende berechnet. Der vorliegende zweite Band — Anordnung und Verwendung für Sonderzwecke — wendet sich mehr an die Besteller aus der Industrie und den grofsen Verwaltungskörpern und behandelt die betrieblichen und wirtschaftlichen Gesichtspunkte ent-

sprechend eingehender. Als Förderanlagen von gröfstem allgemeinen Wirkungskreise sind die Verladeeinrichtungen im Schiffahrts- und Hafenbetrieb, im Eisenbahnwesen und die Hebe- und Förderanlagen der Kohlen- und Eisenindustrie.

Der Verfasser begnügt sich nicht damit, die Anlagen für sich zu betrachten. Die Förder- oder Hebeanlage ist ihm nur ein Glied des gesamten Verfrachtungs- oder Erzeugungsvorganges. Unter diesem Gesichtswinkel werden betrachtet die Schiffsformen mit den Überlade- und Selbstentladevorrichtungen, Verladeeinrichtungen für Einzel- und Massenfördergüter in den Häfen, Schiffsbekohlung auf hoher See und an besonderen Anlegestellen. Auch der Baggereibetrieb wird kurz gestreift. Die dem Schiffswerftbetrieb dienenden Schwerlastkrane und Hellingskrane sind ebenso wie die den Kanalverkehr unterstützenden Schiffshebewerke und -Schleppeinrichtungen (Treidelei) in reicher Auswahl vertreten.

Die Verladeeinrichtungen des Eisenbahnwesens im zweiten Hauptabschnitt werden die Leser dieser Zeitschrift am meisten fesseln. Auch hier wird zunächst das Gesamtbild entwickelt. Die Entladeeinrichtungen entwickeln sich aus dem Handbetrieb über die einfachen mechanischen Hilfsmittel wie Wagenschnecke mit Elevator, über Stirn- und Seitenkipper zu den umfangreichen Hubwerken mit Stirnwand- oder Schwingplattformkippern. In gleicher Weise werden die Beladevorrichtungen für Massengüter vom einfachen ausgehend bis zur ausgedehnten Lokomotivbekohlungsanlage vorgeführt. Als Hilfsvorrichtungen für Stückgüter und Fahrzeuge selbst finden wir Wagenkrane, Aufzüge, Bandförderer, Elektrohängebahnen, Drehscheiben, Schiebebühnen, Verschiebewinden, endloses Seil und elektrisches Pferd, endlich andeutungsweise Hebeböcke und Schwerlastkrane für Ausbesserungswerke. Die Wirtschaftlichkeit wird weitgehend mit Kennlinien belegt und für die verschiedenen Ausführungsweisen vergleichbar gemacht.

Der dritte Hauptabschnitt behandelt Hebe- und Förderwerke der Kohlen- und Eisenindustrie. Beim Hochofenbetrieb erscheinen die Zufuhranlagen, dann die Begichtungsanlagen mit Kübel, Hängebahn, Schräg- und Senkrechtaufzug, Masselgiefsmaschinen und anderes mehr. Zuletzt zeigt das Stahlwerk seine kennzeichnenden Ausführungsformen, wie Giefswagen und -Krane, Schrottpaketiermaschinen, Schrottkrane, Beschickwagen und -Krane, Abstreifkrane für Kokillen, Blockdrücker, Einsetzmaschinen und Trägerverladekrane.

Eine nach Sachgruppen und Zeitschriften geordnete Übersicht des Schrifttums der letzten zwanzig Jahre ist dem Werke angefügt.

Als Gesamturteil kann nur das für Band I gegebene wiederholt werden: Der „Aumund" wird jedenfalls in allererster Reihe der Lehrbücher über Förderwesen und Wirtschaft stehen. Die Ausstattung des Buches ist wieder ganz vorzüglich. Dem Werk ist die weiteste Verbreitung zu wünschen. Reichsbahnrat Wentzel.

Verschiedenes.

Kohlenversand in Grofsraumwagenzügen der Deutschen Reichsbahn-Gesellschaft.

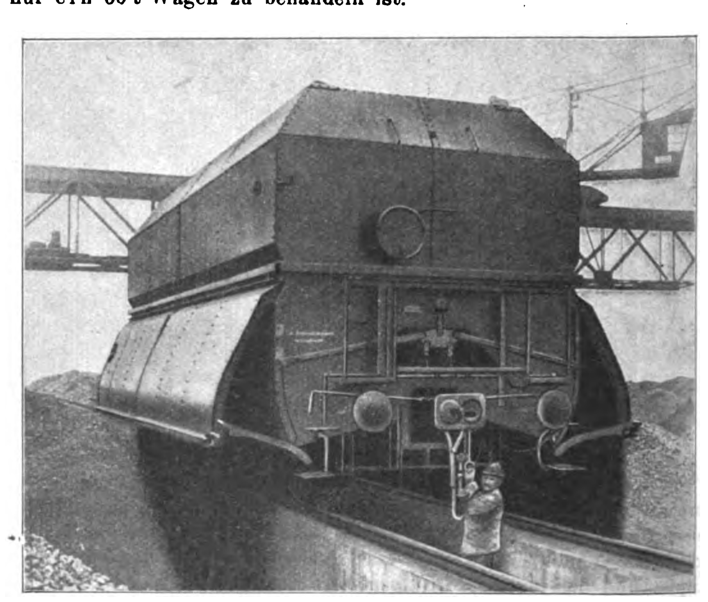
Zur Versorgung der Elektrizitäts-, Gas- und Wasserwerke Grofs-Berlins (Elektrizitätswerk Rummelsburg und Grofsgaswerk Lichtenberg) mit Kohle aus dem Ruhrgebiet und dem ober- und niederschlesischen Kohlengebiet hat die Deutsche Reichsbahn-Gesellschaft einen Verkehr von Grofsgüterwagenzügen eingerichtet, der es ihr infolge Verringerung der Selbstkosten ermöglicht, die Tarife auf 2,1 bzw. 2,5 Pf. für das t/km für den Massenkohlenverkehr zu senken und so einerseits dem einheimischen Bergbau den Wettbewerb gegen ausländische Kohle zu erleichtern, andererseits sich im Wettbewerb mit dem Wasserverkehr eine entsprechende Einnahme zu sichern.

Von den 50 t Kohle fassenden Grofsgüterwagen der Bauarten Steinfurth und Orenstein & Koppel (siehe Abb.) verkehren zur Zeit im Gebiet der Deutschen Reichsbahn-Gesellschaft zehn Pendelzüge zu 20 Wagen. Diese sind mit Rollenlagern und selbsttätiger Scharfenbergkupplung ausgestattet.

Die Kohlenzüge werden mit der Pünktlichkeit von Personenzügen von der Kohlengrube aus in 16 Stunden ihrem Ziel zugeführt. Sie legen den vollen Umlauf Oberschlesien—Berlin und zurück (1000 km) einschliefslich Beladung, Verwiegung, Abfertigung und Entladung in zwei Tagen ohne besondere Anspannung des Fahrplans zurück; dies entspricht einem jährlichen Fahrweg von 150 000 km. Der gewöhnliche freizügige Güterwagen für den gleichen Weg braucht etwa sechs Tage. Die Entladung eines Zuges von 20 Wagen mit 1000 t Inhalt durch zwei Mann dauert nur acht Sekunden je Wagen und $2^{1}/_{2}$ Minuten für den ganzen Zug, gehört mithin zu den erstaunlichsten und für die Wirtschaft bedeutsamsten Auswirkungen des neuen Verkehrsmittels. Die Entladung erfolgt durch Bewegen eines Handgriffes, der die Seitenklappen aufspringen läfst.

In wenigen Wochen stellt die Deutsche Reichsbahn auf Grund langjähriger Vorversuche die ersten Züge einer neuen Grofsgüterwagenbauart, die mit Silizium-Stahl erbauten, 60 t Kohle fassenden und nur 19 t schweren Grofsgüterwagen in den Verkehr ein. Diese Wagen, nach den Richtlinien und Bedingungen des Eisenbahn-Zentralamts in Berlin erbaut, bedeuten einen Merkstein in der Entwicklung der Gleisfahrzeuge, denn bei ihrem Bau wird an Stelle des bisher üblichen Flufseisens der um 50 % leistungsfähigere, erst seit dem Vorjahre im Handel erscheinende Silizium-Stahl verwandt, durch den die wesentliche Herabsetzung des Eigengewichts und die Heraufsetzung der Nutzlast auf 60 t statt bisher 50 t gelungen ist. Während bei den 20 t-Güterwagen das Eigengewicht 10,6 t, also 53 % der Nutzlast und bei den 50 t-Wagen 26 t, also 52 % der Nutzlast beträgt, wird es bei den neuen 60 t-Wagen nur mehr 31,5 % betragen.

Bei einem Vergleich der Grofsgüterwagen mit dem weitverbreiteten offenen 15 t-Wagen ergibt sich folgendes: 17 Wagen der 60 t-Bauart befördern 1020 t Last bei nur 170 m Zuglänge gegenüber 68 Wagen der 15 t-Bauart mit rund 570 m Zuglänge. Die Kohlengrube braucht bei Aufstellung dieser neuen Wagen daher nur wenig mehr als ein Viertel der bisherigen Gleislängen, was bei den vielfach engen Gleisverhältnissen auf den Kohlengruben eine ganz erhebliche Entlastung der Gleisanlagen bedeutet; aber darüber hinaus verringert auch die Verwendung der neuen Fahrzeuge, die infolge ihrer Ausrüstung mit Rollenlagern und selbsttätigen Zug- und Bremsschlauchkupplungen besonders leicht zu bewegen und zu kuppeln sind, die Arbeiten auf dem Verladewerk bedeutend, weil an Stelle von vier einzelnen 15 t-Wagen oder drei 20 t-Wagen stets nur ein 60 t-Wagen zu behandeln ist.



Grofsgüterwagen der Bauart Orenstein & Koppel.

Aufser den wirtschaftlichen Ersparnissen an Löhnen infolge der aufserordentlich kurzen Entladezeit, an Zinsen für wochen- und monatelanges Lagern der Kohle bis zur Abbeförderung, die insbesondere bei ungünstigen Witterungsverhältnissen beim Wasserweg ins Gewicht fällt, ist als besonderer Vorteil für den Empfänger und Versender zu betrachten, dafs die Wagengestellung unabhängig von der allgemeinen Verkehrslage ist. — In letzterer Richtung wird eine auch der allgemeinen Wirtschaft zugute kommende Entlastung des Güterverkehrs herbeigeführt.

Für die Schriftleitung verantwortlich: Reichsbahnoberrat Dr. Ing. H. Uebelacker in Nürnberg. — C. W. Kreidel's Verlag in München.
Druck von Carl Ritter, G. m. b. H. in Wiesbaden.

Zum Aufsatz: Versuche mit einer Kesselspeisewasser-Vorwärmpumpe Bauart „Dabeg".

Abb. 1. Größte Liefermengen bei größter Spannung der Feder F des Rückschlagventiles R v.

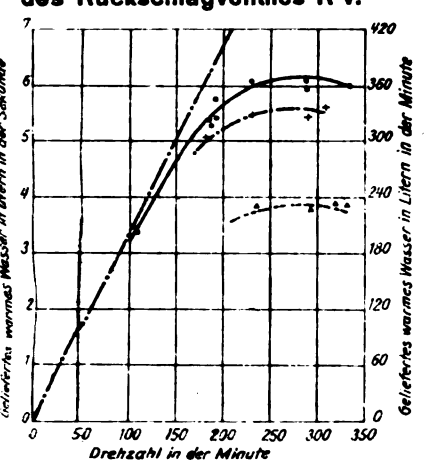


Abb. 2. Arbeitsbedarf in PS für den Betrieb der Pumpe bei verschiedenen Liefermengen.

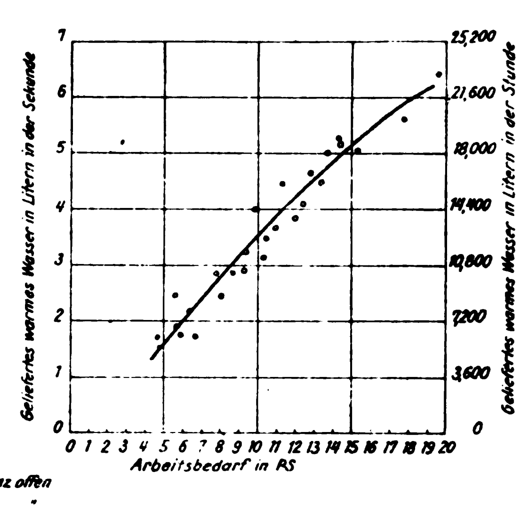


Abb. 3. Liefermengen für verschiedene Stellungen des Drehschiebers und der Drehzahlen 100, 150, 300.

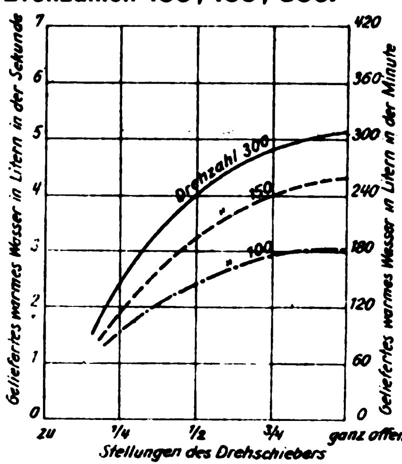


Abb. 4. Liefermengen bei mittlerer Spannung der Feder F des Rückschlagventiles R v.

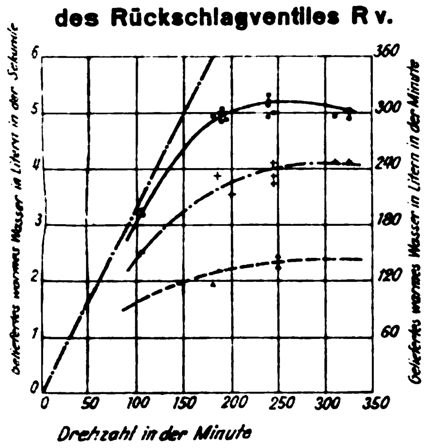


Abb. 5. Arbeitsbedarf für die leerlaufende Pumpe.

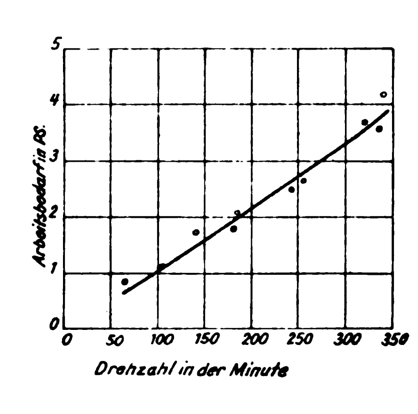


Abb 6. Schaulinien für Dampfverbrauch und mittleren indizierten Dampfdruck.

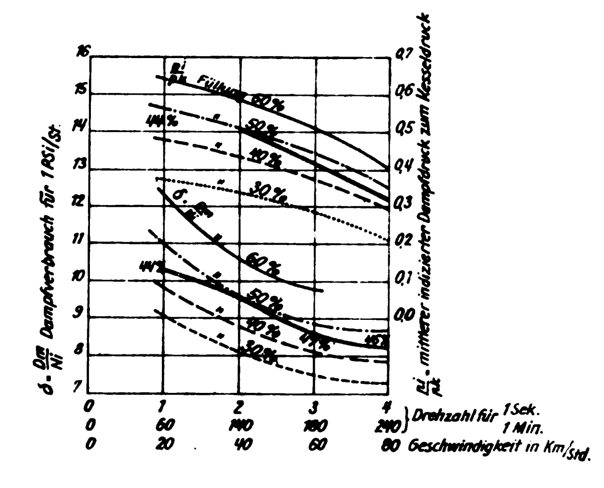


Abb. 7. Gesamtwasserverbrauch —— und Wasserlieferung - - - durch die Pumpe.

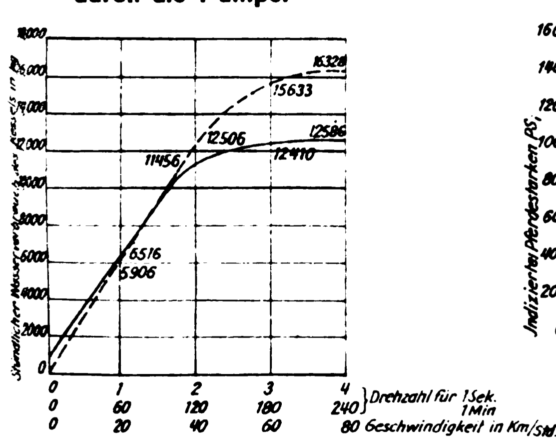


Abb. 8. Leistung der Lokomotive und Arbeitsbedarf der Pumpe in PSi.

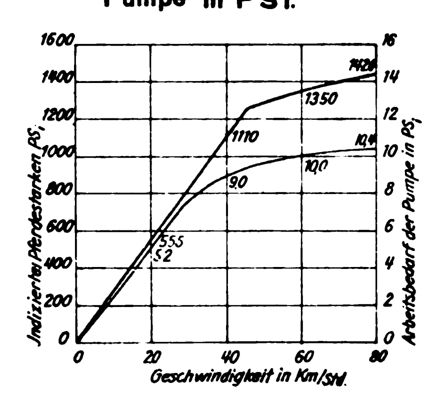
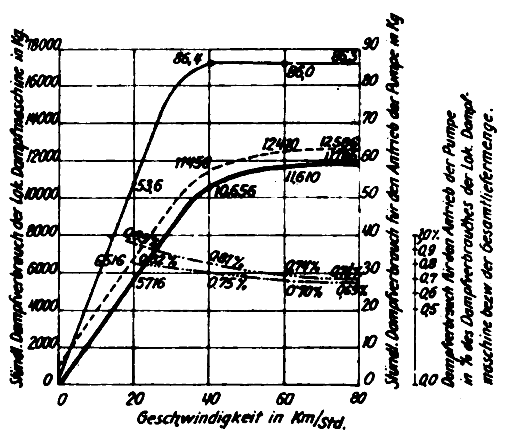


Abb. 9. Dampfverbrauch der Lokomotiv-Dampfmaschine für die Pumpe.



C. W. Kreidel's Verlag, München. Lith. Anst. v. F. Wirtz, Darmstadt.

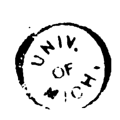
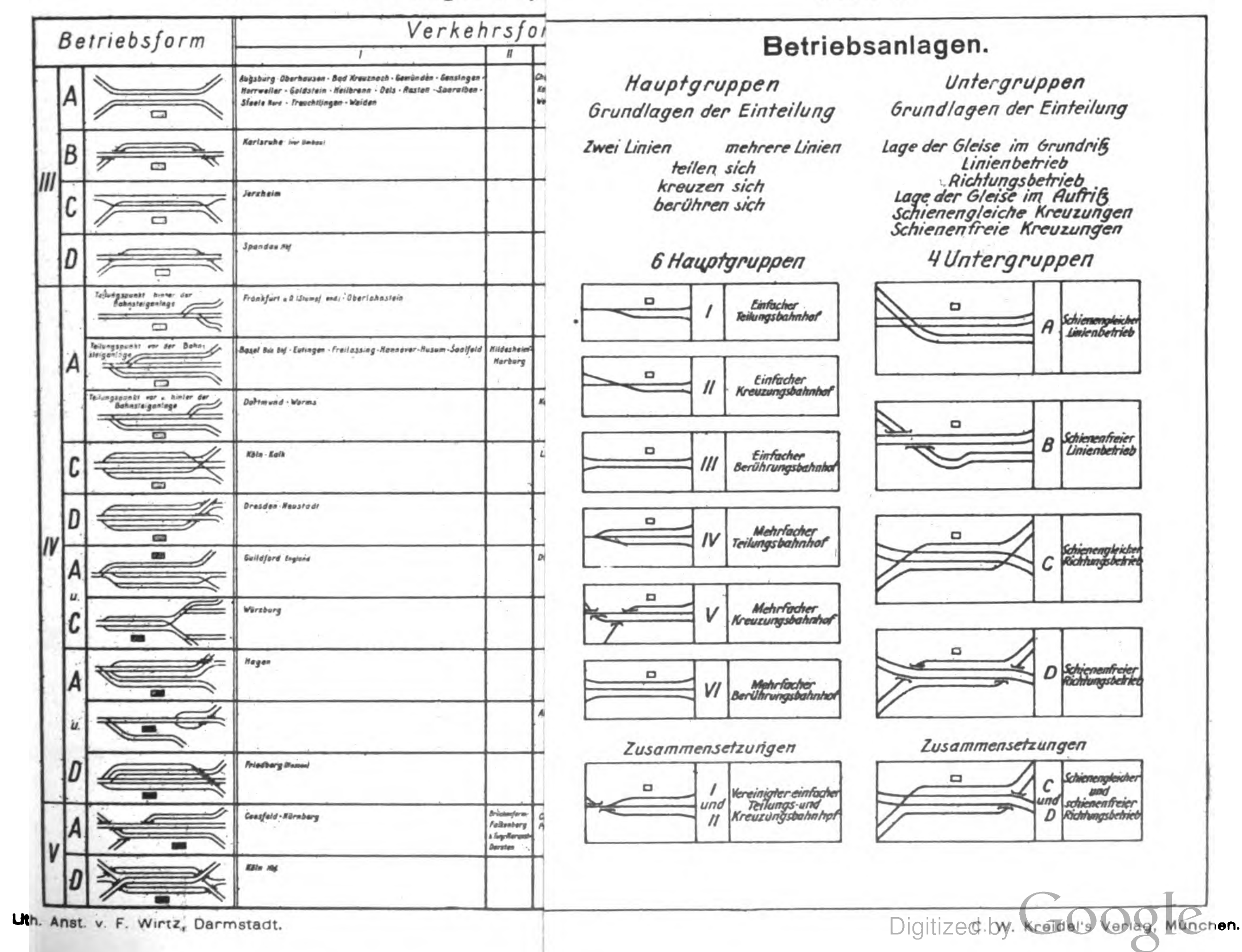

UNIV.
OF
MICH.

Abb. 3. Ausführungsbeisp

Betriebsform			Verkehrsform I	II
I	A	Teilungspunkt hinter der Bahnsteiganlage	Dortmund-Dorstfeld · Düsseldorf-Rath · Duisburg-Meiderich Süd · Elze · Frankfurt-Niederrad · Glauchau · Groschowitz · Hohenrhein · Jüterbog Hf. · Kaiserslautern · Kempen · Meiningen · Neustrelitz · Remagen · Rieding · Rossiau Hf. · Schönbörnchen · Schönebach · Steinpleis · Wolfenbüttel Stadt · Stumpf endigende Gleise: Leinefelde · Nördlingen · Nordhausen · Riesa	Oppeln
		Teilungspunkt vor der Bahnsteiganlage	Aachen Hbf. · Aalen · Appenweier · Bamberg · Bentschen · Biblis · Bischofswerda · Dessau · Ditersbach · Ebenhausen Ufr. · Frankfurt West · Fürth i/B. · Gau Algesheim · Gleiwitz · Hagenow · Hergarten · Hörde · Immendingen · Kanagawa (Japan) · Kattowitz · Kornwestheim · Lampertheim · Leutsch · Mainz · Mülhausen Els. · München-Gladbach · Neisse · Neufahrn Ndb. · Neu-ulm · Ockenheim · Offenburg · Oldenburg · Osterburken · Peiskretscham · Pforzheim · Radolfzell · Rottendorf · Scherfelde · Stargard · Stettin · Thera · Möckern · Türkismühle · Vendenheim · Wetzlar. Stumpf end. Schweinfurt	Beuthen OS. · Rostock
	C	Nur ein Bahnsteiggleis in der Teilungsrichtung	Arnstadt Staatsb. · Dachlos · Düsseldorf-Gerresheim · Eisleben · Hellerup · Neckarelz · Neckargemünd · Radldorf · Schifferstadt · Soest · Solingen · Völklingen	
		Verschränkte Anordnung	Aschaffenburg · Bayreuth · Charlottenburg · Halberstadt · Mainz Süd · Neuenmarkt-Wirsberg · Obertraubling · Ritschenhausen · Rosenheim · Schwandorf · Wiesau · Würzburg	
		Symmetrische Anordnung	Donaueschingen · Eilenburg · Irrenlohe · München Ostbhf.	
	D	Nur ein Bahnsteiggleis in der Anschlußrichtung	Biewer	
		Symmetrische Anordnung	Angermünde · Berlin Schles.Bhf. · Bischofsheim Hessen · Cannstatt · Corbetha · Ducherow · Ehrang · Flieden · Gera Reuß Hbf. · Gmünd · Karthaus · Köln-Ehrenfeld · Köln Süd · Langendreer · Weimar · Zeitz	
II	A		Aulendorf · Bruchsal · Frankfurt Süd · Freiberg i/Sa. · Germersheim · Görlitz · Obermodern · Lublinitz · Rawitsch · Straßburg i/E. · Wörth · Die eine Linie macht Kopf: Ingolstadt Hbf. · Mannheim · Mühldorf	
			Aalen · Goldshöfe · Güstrow · Lalendorf · Lauda · Königshofen · Regensburg · Obertraubling · Schwandorf · Irrenlohe · Salzbergen · Rheine	
	B		Bebenhausen · Benningen Lothr. · Büdesheim · Dromersheim · Bretten · Coblenz · Cöthen · Deutsch-Eylau Hbf. · Eichenberg · Freiberg i/Sa. · Graben-Neudorf · Hagenau Els. · Heidelberg · Homburg Pfalz · Jlsenbüttel · Gifhorn · Kashii (Japan) · Lage · Landau Pfalz · Melun (Frankreich) · Neusalz · Ohligs · Osterode Ostpr. · Ostrowo · Ringelheim · Rothfliess · Ruhland · Schönewalde · Welburg · Weil · Leopoldshöhe. Brückenform: Cüstrin · Güterglück · Kohlfurt · Sorau [illegible]	Düsseldorf Hbf.
	C		Ansbach · Augsburg · Blumenberg · Bärssum · Celau · Donauwörth · Gerdauen · Gößnitz · Graudenz · Grevenbroich · Gunzenhausen · Karow · Kirchenlaibach · Laskowitz Westpr. · Markt Redwitz · Mlawalde · Neubrandenburg · Plattling · Schonlau Rumänien	
	D		Gerolstein · Polm · Harrison Nordamerika (N.J.) · Löbau Westpr.	
	A und D		Bitterfeld · Earlscourt (England)	

Abb. 4. Ausführungsbeisp



Betriebsform			Verkehrsform I	II
III	A		Augsburg-Oberhausen · Bad Kreuznach · Gemünden · Gensingen · Horrweiler · Goldstein · Heilbronn · Oels · Rastatt · Saaralben · Steele Nord · Treuchtlingen · Weiden	
	B		Karlsruhe (vor Umbau)	
	C		Jerxheim	
	D		Spandau Hbf.	
IV	A	Teilungspunkt hinter der Bahnsteiganlage	Frankfurt a. O. (Stumpf end.) · Oberlahnstein	
		Teilungspunkt vor der Bahnsteiganlage	Basel Bad. Bhf. · Eutingen · Freilassing · Hannover · Husum · Saalfeld	Hildesheim · Harburg
		Teilungspunkt vor u. hinter der Bahnsteiganlage	Dortmund · Worms	
	C		Köln-Kalk	
	D		Dresden-Neustadt	
	A u. C		Guildford England	
			Würzburg	
	A u. D		Hagen	
			Friedberg (Hessen)	
V	A		Coesfeld · Nürnberg	Brückenform: Falkenberg i. Ew. · Haltern · Dorsten
	D		Köln Hbf.	

Zum Aufsatz:

Einteilung der Personenbahnhöfe.


UNIV. OF MICH.

Abb. 3. Ausführungsbeisp[iele]

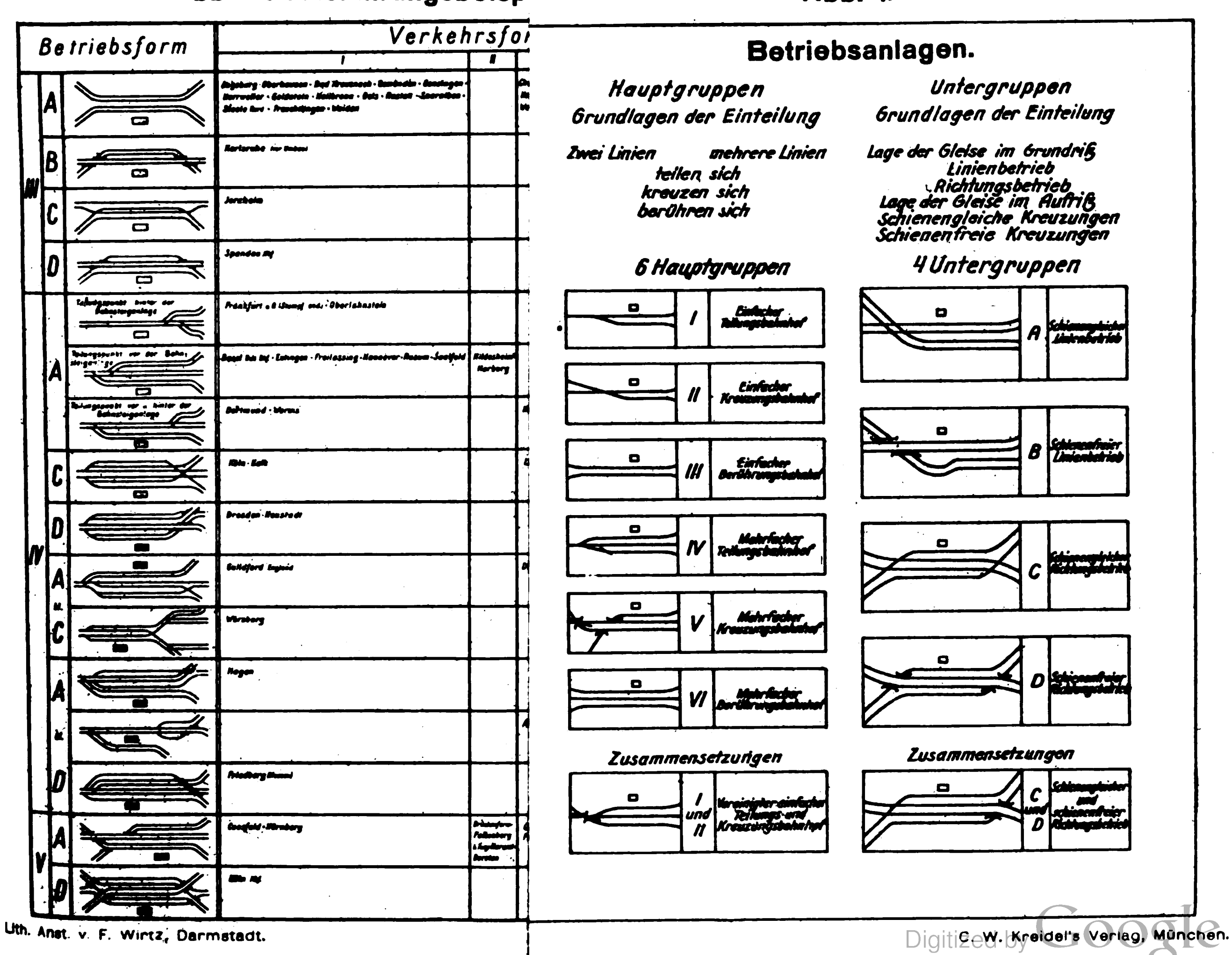
Betriebsform			Verkehrsfor[m] I	II
I	A	Teilungspunkt hinter der Bahnsteiganlage	[illegible]	[illegible]
		Teilungspunkt vor der Bahnsteiganlage	[illegible]	[illegible]
	C	[illegible]	[illegible]	
		[illegible]	[illegible]	
		[illegible]	[illegible]	
	D	[illegible]	[illegible]	
		[illegible]	[illegible]	
II	A		[illegible]	
			[illegible]	
	B		[illegible]	[illegible]
	C		[illegible]	
	D		[illegible]	
	A und D		[illegible]	

Zum Aufsatz :

Einteilung der Personenbahnhöfe.

Abb. 4. Ausführungsbeisp[iele]

Abb. 1.



Lith. Anst. v. F. Wirtz, Darmstadt. C. W. Kreidel's Verlag, München.

1927
82. Jahrgang.

Heft 8
30. April

ORGAN

FÜR DIE

FORTSCHRITTE DES EISENBAHNWESENS

TECHNISCHES FACHBLATT
DES VEREINS DEUTSCHER
EISENBAHNVERWALTUNGEN

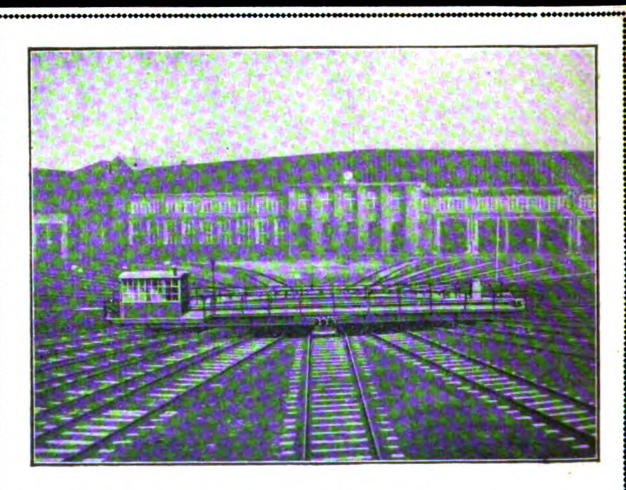


HERAUSGEGEBEN VON
DR. ING. H. UEBELACKER
C. W. KREIDEL'S VERLAG · MÜNCHEN

Inhalt:

Verfahren zur Berechnung von Heißdampflokomotiven mit einfacher Dampfdehnung. Koref. 139.
Über exzentrische Belastung der Holzschwellen. Joseph Nemcsek. 145.
Plötzliche Wanderungen der Schwellen. Elemèr v. Pál. 147.
Ein schwieriger Umbau: Bahnhof Cannon Street der englischen Südbahn. Wernekke. 149.
Dynamische Messungen am Eisenbahnoberbau. 151.
Neuere Ergebnisse aus den Versuchen des Eisenbahn-Zentralamtes mit Dampflokomotiven. 154.
Neue Fragen für den amerikanischen Lokomotivbau. 155.
Neue Wagen der Nord-Südbahn Berlin. 155.
Verschiedenes. 156.


ORION
ORION
UNIVERSAL-
HOCHLEISTUNGS-SÄGEMASCHINE
Mit regulierbarem Vorschub des Sägeblattes durch Ölpreßpumpe
ORION
Konkurrenzlos in Schnittleistungen und Schonung der Sägeblätter
GORNIG & SEVERIN
MASCHINENFABRIK·DRESDEN-A.28



Organ für die Fortschritte des Eisenbahnwesens

Technisches Fachblatt des Vereins Deutscher Eisenbahn-Verwaltungen

Schriftleitung: Dr. Ing. H. Uebelacker, Nürnberg, unter Mitwirkung von Dr. Ing. A. E. Bloss, Dresden.

82. Jahrgang | 30. April 1927 | Heft 8

Verfahren zur Berechnung von Heifsdampflokomotiven mit einfacher Dampfdehnung*).

Von Ing. Dr. techn. K. Koref, Košice.

Gegenstand der Abhandlung ist: auf dampftheoretischen und erfahrungsmäfsigen Grundlagen ein Verfahren zu entwickeln, welches die Beziehungen zwischen den Bestimmungsgröfsen eines »Modelles« einer Heifsdampflokomotive mit einfacher Dampfdehnung in zwei, drei oder vier gleichen Dampfzylindern in rechnerischer und graphischer Darstellung festlegt und die Berechnung und Beurteilung von Heifsdampflokomotiven mit einfacher Dampfdehnung erleichtert.

Die Modellokomotive soll folgende Verhältnisse aufweisen:

Rostfläche R . . . . $= 1{,}0\ m^2$

Triebraddurchmesser D . . . $= 1{,}0$ m

Inhalt eines Zylinders J . . . $= 100\ l$

Kesseldruck p_k . . . . $= 15$ ata

Druck im Schieberkasten p_s . . $= 14$ ata.

Die Dampftemperatur im Überhitzer sei mit der Rostanstrengung von 310° bis 360° C steigend. Die Temperatur T des Dampfes im Schieberkasten wird um 10° C kleiner angenommen**). Die Rostanstrengung ist das Kohlengewicht r kg, welches je Stunde und m² Rostfläche verbrannt wird.

A. Dampfentwicklung des Kessels.

Das Kohlengewicht $r\ kg/m^2\,h$ entwickelt in der Stunde ein Dampfgewicht $\frac{Q}{R}\ kg/m^2\,h$, welches aus dem Heizwert der Kohle, H Cal, dem Wärmeinhalt des Frischdampfes i_0 (im Kessel), der Speisewassertemperatur (15°) und dem Kesselwirkungsgrad η_k sich ergibt zu:

$$\frac{Q}{R} = r\,\eta_k\,\frac{H}{i_0 - 15}\left(\eta_k\,\frac{H}{i_0 - 15} = \delta = \text{Verdampfungsziffer}\right).$$

Das Ergebnis ist für η_k nach Dr. Sanzin »Indikatorversuche an Lokomotiven«, 1914, H = 6700 Cal (und auch für 8000 bis 4000 Cal) und r bis 700 kg/m² h in Abb. 1 verzeichnet. Für **H = 6700 Cal**, womit im weiteren gerechnet wird (oberschlesische Kohle), ist auch die $\frac{Q}{R}$-Kurve bei Anwendung einer Speisewasservorwärmung (z. B. Metcalfe) auf 90° C gezeichnet. Es ergibt sich bei unveränderter Leistung z. B. r = 500 ohne Vorwärmer und r' = 410 mit Vorwärmer, also eine theoretische Brennstoffersparnis von $\sim 18\,\%$; in der Praxis werden infolge der wechselnden Füllungen etwa 12 bis 15 % erreicht.

Wir betrachten die Lokomotive in den Anstrengungsgrenzen $\frac{Q}{R}$ **= 1800 bis 3300**; für H = 6700 Cal entspricht diesen Grenzen ein r = 235 bis 635 kg/m² h.

Wegen der ansteigenden Temperatur legen wir zwischen die beiden $\frac{Q}{R}$ = Kurven für 310° und für 360° C eine mittlere Kurve und erhalten folgende Zahlenwerte:

für r = 200, 300, 400, 500, 600, 700

ist $\delta \cong$ 7,74, 7,00, 6,30, 5,75, 5,38, 5,05

und $\frac{Q}{R}$ = 1548, 2100, 2520, 2875, 3228, 3535.

*) Der Aufsatz ging der Schriftleitung vor der Veröffentlichung der Ausführungen Professor Nordmanns in Glasers Annalen, Band 99, Heft 10 „Über neuere Lokomotivversuche" zu. Ein kurzer Auszug aus diesen Ausführungen ist auf Seite 154 veröffentlicht.

**) Es sei für ein Dampfgewicht von kg/m² Rostfläche und Stunde $\frac{Q}{R}$ = 1800, 2100, 2400, 2700, 3000, 3300; T = 300, 328, 338, 345, 349, 350° C.

B. Leistung der Dampfmaschine.

Aus Diagrammen einer Maschine mit unvollständiger Expansion, m = 10 % schädlichem Raum, 14 ata Eintrittsspannung und mit einem Koeffizienten der Adiabate k = 1,05 bis 1,25, für T = 300° C $\left(\frac{Q}{R} = 1800\right)$, k = 1,10 bis 1,30 für T = 350° C $\left(\frac{Q}{R} = 3300\right)$ erhält man für eine theoretische Füllung ε' (auf dem Einströmdruck $p_s = 14$ ata) die Endspannung der Dehnung p_e aus $p_e = p_s \left(\frac{\varepsilon' + m}{100 + m}\right)^k$. Für die Verdichtungslinie sei k = 1,2.

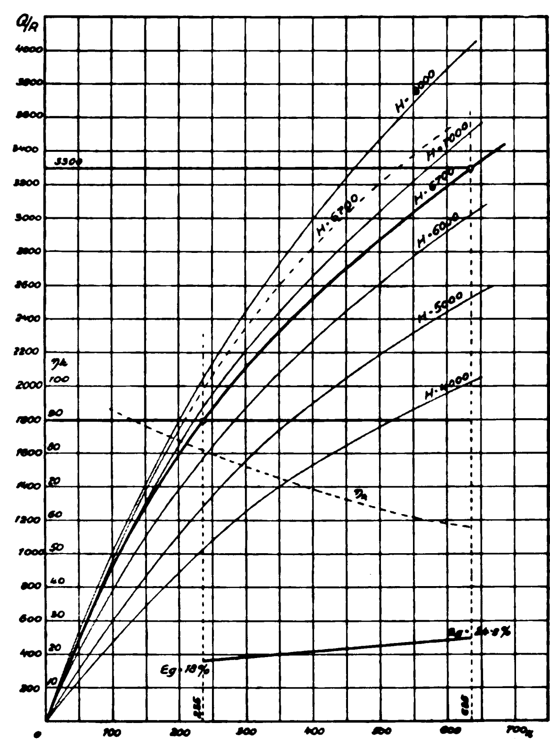


Abb. 1. Kesselleistung, kg Dampf je m² Rostfläche und Stunde.

Für den Gegendruck während der Ausströmung bis Beginn der Verdichtung kann angenommen werden:

bei $\frac{Q}{R} = 1800$ . . . . $p' = 1{,}8 - 0{,}012\,\varepsilon$

bei $\frac{Q}{R} = 3300$ . . . . $p' = 2{,}1 - 0{,}02\,\varepsilon$

bei Füllungen von $\varepsilon \geqq 50\,\%$ sei $p' = 1{,}2$ ata.

In diesen Formeln ist ε die tatsächliche Füllung bei Abschlufs des Steuerungsorgans. Dieses sei ein Kolbenschieber (Ventil), dessen Gröfse im Verhältnis zur Zylindergröfse für alle Lokomotiven gleich sei. Wir erhalten demnach für alle Lokomotiven mit einfacher Dehnung bei gleichem Frischdampfdruck, gleicher Rostanstrengung und gleicher Drehzahl auch denselben Spannungsabfall während der Füllung. Im Schnittpunkt der abfallenden Einströmlinie mit der Adiabate kann man annähernd den Punkt der tatsächlichen Absperrung

annehmen. Man erhält so die wirkliche Füllung ε, zu welcher jenes oben erwähnte theoretische p_e gehört.

Nach Strahl »Einfluſs der Steuerung auf Leistung und Dampfverbrauch der Heiſsdampflokomotive«, 1923, kann man im Mittel den Spannungsabfall in die Diagramme einzeichnen und so die wirklichen Füllungen bestimmen.

Zur Berechnung des spezifischen Dampfverbrauches D_o kg/PS$_i$ h und des mittleren indizierten Druckes p_o des Vergleichsdiagramms der verlustlosen Maschine mit unvollständiger Dehnung, der theoretischen Füllung ε' und gleichem p_e, ohne schädlichen Raum, wird das Schülesche Verfahren unter Benützung des JS-Diagramms angewendet. Bei Beachtung der Annahme: $p_s = 14$ ata, $T = 300$ und 350^0 C für die beiden Grenzanstrengungen, mit $\frac{Q}{R}$ verhältnisgleicher Spannungsabfall, Abhängigkeit des Gütegrades η_g (s. Schüle) von der Füllung, Umdrehungszahl und Überhitzung, kann für jede Füllung ε

$$D_o = \frac{632{,}3}{A\,L_o}$$

und $p_o = \dfrac{427\,A\,L_o}{10000\,v_e}$ berechnet werden.

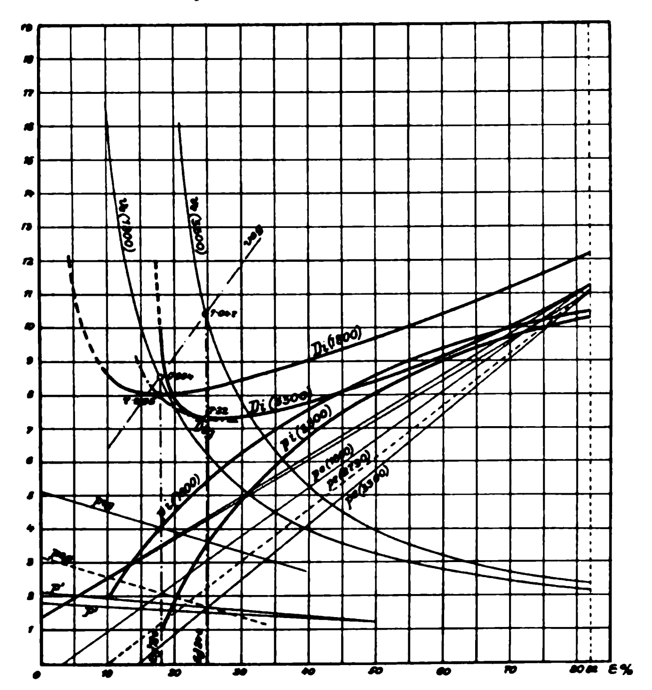


Abb. 2. Die leistungsbestimmenden Gröſsen D_i, p_i, v_e, p_e.

$A\,L_o$ = Arbeit in Cal, v_e = Rauminhalt des Dampfes am Ende der Dehnung beim Drucke p_e; zu beachten ist der Zustand des Dampfes, der sich aus dem JS-Diagramm ergibt. Die Enddrücke p_e liegen beinahe auf geraden Linien (Abb. 2). Für den Gütegrad kann angenommen werden:

$$T = 300^0\,C \quad \eta_g = 0{,}7538 + 0{,}0009\,\varepsilon$$

und für $T = 350^0\,C \quad \eta_g = 0{,}7630 + 0{,}000786\,\varepsilon$.

Damit wird für das Indikatordiagramm

$$\text{a)}\ D_i = \frac{632{,}3}{\eta_g\,A\,L_o}$$

$$\text{b)}\ p_i = \frac{427\,\eta_g\,A\,L_o}{10000\,v_e}$$

hieraus

$$1)\ \ldots\ldots\ldots\ D_i \cdot p_i = \frac{27}{v_e} (= D_o\,p_o).$$

Behufs Einführung von »Einheiten« für das Modell wird als »spezifische Leistung« definiert.

$$\alpha)\ N_{i_s} = \frac{N_i}{R} = \frac{Q/R}{D_i}\ \text{PS}_i/\text{m}^2\text{h}$$

und als »spezifische Umdrehungszahl«

$$\beta)\ n_s = \frac{n}{\frac{R}{J/_{100}}}\ \text{Umdreh./Sekunde.}$$

Die bekannte Strahlsche Formel für N_i aus p_i und n wird nun

$$N_{i_s} = \frac{160}{3}\,p_i\,n_s\ (J = 100\ l)$$

und aus dieser und Gl. 1) ergibt sich

$$2)\ \ldots\ldots\ldots\ldots\ n_s = \frac{Q}{1440\,R}\,v_e$$

Die Übereinstimmung der Formel mit den praktischen Erfahrungswerten ist durch die Einführung des richtigen Spannungsabfalles, sowie der richtigen Werte von ε und p_e erreicht. Sie ermöglicht den Entwurf eines alle Beziehungen umfassenden Diagramms. Die Ergebnisse der vorstehenden Berechnungen für die beiden Grenzanstrengungen sind in nachfolgenden zwei Übersichten zusammengestellt.

Zusammenstellung 1.

$\frac{Q}{R} = 1800$, $T = 300^0$ C, $\eta_g = 0{,}7538 + 0{,}0009\,\varepsilon$,

$n_s = 1{,}25\,v_e$, $p_e = -0{,}48 + 0{,}1425\,\varepsilon$, $\varepsilon_g = \mathbf{18}\,\%$.

ε	p_e	p'	v_e	AL_o	η_g	D_i	p_i	n_s	N_{i_s}
10	0,945	1,68	1,695	95,82	0,7628	8,65	1,84	2,119	208,1
15	1,66	1,62	1,018	103,35	0,7673	7,97	3,33	1,273	225,9
18	2,08	1,58	**0,854**	103,60	0,7700	**7,935**	**3,99**	**1,068**	**227,0**
20	2,37	1,56	0,768	103,00	0,7718	7,96	4,42	0,960	226,1
30	3,80	1,44	0,514	95,90	0,7808	8,44	6,22	0,643	213,3
50	6,645	1,20	0,328	81,80	0,7988	9,68	8,50	0,410	186,0
82	11,20	1,20	0,214	62,92	0,8275	12,14	10,40	0,268	148,2

Zusammenstellung 2.

$\frac{Q}{R} = 3300$, $T = 350^0$ C, $\eta_g = 0{,}7630 + 0{,}000786\,\varepsilon$

$n_s = 2{,}2917\,v_e$, $p_e = -2{,}38 + 0{,}1643\,\varepsilon$, $\varepsilon_g = \mathbf{24{,}8}\,\%$

ε	p_e	p'	v_e	AL_o	η_g	D_i	p_i	n_s	N_{i_s}
18	0,58	1,74	2,679	79,22	0,7771	10,27	0,98	6,14	321,3
20	0,90	1,70	1,828	101,60	0,7787	8,00	1,85	4,19	407,4
24,8	1,68	1,604	**1,047**	111,86	0,7825	**7,22**	**3,576**	**2,40**	**457,0**
30	2,55	1,50	0,765	110,80	0,7866	7,25	4,87	1,753	455,1
40	4,192	1,30	0,516	103,75	0,7944	7,67	6,82	1,183	430,2
50	5,833	1,20	0,398	94,40	0,8023	8,34	8,09	0,916	395,7
65	8,30	1,20	0,300	80,88	0,8140	9,60	9,37	0,688	343,7
82	11,09	1,20	0,236	68,50	0,8275	11,15	10,26	0,540	296,0

Da Spannungsabfall und $\frac{Q}{R}$ verhältnisgleich angenommen sind und die p_e, über ε aufgetragen, gerade Linien bilden, läſst sich für zwischenliegende Anstrengungen leicht eine ebensolche Übersicht aufstellen. Die Abb. 2 ergibt für die »günstigsten« Füllungen (bei welchen $D_i = D_{i_g}$ einen Mindestwert hat) einen linearen Zusammenhang für die entsprechenden Werte von v_e, p_e und p_i, welche ebenfalls mit dem Index »g« bezeichnet werden. Man kann schreiben:

$$3)\ \ldots\ldots\ldots\ v_{e_g} \cong \mathbf{0{,}3432 + 0{,}02838\,\varepsilon_g}$$

$$4)\ \ldots\ldots\ldots\ p_{i_g} \cong \mathbf{5{,}076 - 0{,}06089\,\varepsilon_g}$$

$$5)\ \ldots\ldots\ldots\ p_{e_g} \cong \mathbf{3{,}138 - 0{,}0588\,\varepsilon_g}$$

Aus Gl. 1) ergäbe sich

$$6a)\ D_{i_g} = \frac{27}{(5{,}076 - 0{,}06089\,\varepsilon_g)\,(0{,}3432 + 0{,}02838\,\varepsilon_g)}.$$

Dafür soll die einfachere Näherungsformel verwendet werden.

6) . . . . $D_{i_g} = 14{,}339 - \varepsilon_g (0{,}54 - 0{,}0102\, \varepsilon_g)$.

Die fehlende Gröfse von ε_g ergibt sich aus Abb. 1 als Funktion der Rostanstrengung r zu

7) . . . . $\varepsilon_g = 14{,}00 + 0{,}017\, r$,

da aus Zusammenstellung 1 und 2 ε_g für $\frac{Q}{R} = 1800$ und 3300 (r = 235 und 635) bekannt und ein linearer Zusammenhang mit sehr guter Annäherung annehmbar ist.

Der Mindestwert von D_{i_g} ergibt sich aus

$$\frac{d D_{i_g}}{d \varepsilon_g} = -0{,}54 + 0{,}0204\, \varepsilon_g = 0$$

zu:

$$\varepsilon_{g\,max} = 26{,}47\,\%$$
$$D_{i\,g\,min} = 7{,}192 \text{ kg/PS}_i \text{ h}$$
$$\left(\frac{Q}{R}\right)_{max} = 3560 \text{ kg/m}^2 \text{ h}$$
$$N_{i\,g\,max} = 495 \text{ PS}_i$$
$$n_{s\,g\,max} = 2{,}707 \text{ t/Sek.}$$

C. Konstruktion des Hauptdiagramms.

a) In einem rechtwinkligen Achsenkreuz mit n_s als Abszissen, v_e als Ordinaten werde über den n_{s_g} die v_{e_g} aufgetragen. Jeder Strahl vom Ursprung zu einem Punkt (n_{s_g}, v_{e_g}) entspricht nach Gl. 2) $n_s = \frac{Q}{1440\, R} v_e$ einem bestimmten $\frac{Q}{R}$ und enthält für jede Füllung ε das zugehörige v_e. Alle diese Strahlen seien als »v_e-Strahlen« bezeichnet. Die v_{e_g} liegen auf der Geraden

$$v_{e_g} = 0{,}70 + 0{,}145\, n_{s_g}.$$

b) Die Verbindung der v_e für gleiche Füllung ε liefert ebenso ein Geraden-Büschel von »ε-Strahlen« aus dem Ursprung (— 1,2, 0,100). Die ε-Strahlen sind aber für beiläufig $\varepsilon < 15\%$ nicht mehr geradlinig; sie sind jedoch nur bis $\sim \varepsilon = 18\%$ benötigt und bis zu diesem Werte können sie noch ohne merklichen Fehler als gerade angenommen werden.

c) Die Konstruktion der ε-Kurven ist aus der Abb. 3 ersichtlich.

d) Konstruktion der D_i-Kurven. Wegen der besseren Trennung dieser Kurven in der Nähe ihrer Mindestwerte wurde zu ihrer Darstellung ein drehbares rechtwinkliges Achsenkreuz verwendet, dessen Abszissenachse der jeweilige »v_e-Strahl«, die Ordinate das zum betreffenden ε gehörige D_i ist.

Man findet, dafs die Verbindungslinie der D_i für gleiches ε abermals Gerade sind; dadurch sind Zwischenwerte leicht bestimmbar.

e) Die N_{i_s}-Kurven im oberen Diagramm sind aus $N_{is} = \frac{Q/R}{D_i}$ berechnet und aufgetragen. Für die Verbindungskurve der $N_{i_{s_g}}$ liefse sich ein analytischer Ausdruck aus unseren Gleichungen finden, es genügt aber die graphische Darstellung.

f) Auf Grund der Definition γ) $Z_{i_s} = \frac{Z_i}{\frac{J/100}{D}}$ können aus

$$Z_i = \frac{270\, N_i}{V} = \frac{270\, N_{i_s} R}{11{,}3\, D\, n_s \frac{R}{J/100}}$$

»spezifische indizierte Zugkraft« Linien gezeichnet werden.

Man erhält $$Z_{i_s} = 23{,}89 \frac{N_{i_s}}{n_s}$$

g) Im Diagramm der »N_{i_s}« werden die Kurven konstanter Füllung eingezeichnet.

h) Für irgendein konstantes »n_s« denke man sich in jedem »N_{i_s}« die Gröfse $\frac{Q}{R}$ in der Zeichenebene senkrecht zur n_s-Ordinate aufgetragen; die Verbindung der Endpunkte ist eine Gerade.

i) Für irgendein konstantes »n_s« erhält man im Schnitt der auf dem v_e-Strahl errichteten Senkrechten mit der D_i-Geraden für die zugehörige Füllung, den Dampfverbrauch. Die Verbindungskurve ergibt »D_i« für konstantes »n_s« (»Strahlsche Betriebscharakteristik«).

An Beispielen sei nun der Gebrauch der aufgestellten Formeln und des Hauptdiagramms erläutert.

I. Die dauernde Höchstleistung und die zugehörige »günstigste« Geschwindigkeit der G 12 Lokomotive der Deutschen Reichsbahn-Gesellschaft sei zu berechnen.

Es sei $\frac{Q}{R} = 3000$, $T = 330^0$ C. Die Lokomotive hat: $p_k = 15$ ata, $R = 3{,}90\, m^2$, $J = 252^l$ (drei Zylinder), $D = 1{,}40$ m. Es ist daher $\frac{R}{J/100} = \frac{3{,}9}{2{,}52} = 1{,}548$.

Nach Abb. 1 erhält man für H = 6700 Cal, $\frac{Q}{R} = 3000$, r = 540 und somit aus Gl. 7) $\varepsilon_g = 14{,}00 + 0{,}017 \times 540 = \mathbf{23{,}18}\,\%$ nach unserer Annahme ist für $\frac{Q}{R} = 3000$, ... $T = 349^0$ C und aus Gl. 6) $D_{i_g} = 14{,}339 - 23{,}18 (0{,}54 - 0{,}0102 \times 23{,}18) = \mathbf{7{,}315}$ kg PS$_i$ h.

Da $T = 330^0$ vorausgesetzt wird, wird D_i im umgekehrten Verhältnis der adiabatischen Wärmegefälle für $p' = 1{,}6$ (vollständige Expansion) (oder für $p_{e_g} = 1{,}775$) gröfser.

$$D_{i_g} \simeq \frac{112}{108{,}5} \cdot 7{,}315 = \mathbf{7{,}549}$$

Man erhält $$N_{i_{sg}} = \frac{3000}{7{,}549} = 397{,}4$$

und $$N_{i_g} = 397{,}4 \times 3{,}9 = \mathbf{1550}\ \text{PS}_i$$

Aus Gl. 5) $p_{e_g} = 3{,}138 - 0{,}0588 \times 23{,}18 = 1{,}775$ erhält man mit Hilfe des JS-Diagramms $v_{e_g} = \mathbf{0{,}988}$ und schliefslich aus $V_g = 11{,}3\, D\, n_s \frac{R}{J/100}$ mit $n_{s_g} = \frac{3000}{1440} \cdot 0{,}988 = 2{,}058$

$$V_g = \mathbf{50{,}4} \text{ km/h}.$$

II. Bestimmung der Geschwindigkeit V_r der Lokomotive Reihe 455,0 der Tschechoslowakischen Staatsbahn (2 D Lokomotive der früheren Kaschau-Oderberger Bahn) an der Reibungsgrenze. Nach Strahl ist die indizierte Reibungszugkraft $Z_{i_r} = \frac{G_a}{5}$ (ohne Sandstreuer) G_a = Reibungsgewicht, hier — = 60000 kg. Die Lokomotive hat: $p_k = 15$ ata, Zylinderdurchmesser d = 610 mm, Hub s = 650 mm (zwei Zylinder), D = 1,700 m, R = 4,47 m².

Bei einer Anstrengung $\frac{Q}{R} = 2860$, $T = 347^0$ C erhält man $J = \frac{\pi}{4} d^2 s = 190\, l$

$$\frac{R}{J/100} = 2{,}3526$$
$$\frac{J/100}{D} = 1{,}118$$
$$Z_{i_r} = 12000$$
$$Z_{i_{s_r}} = \frac{Z_{i_r}}{\frac{J/100}{D}} = \frac{12000}{1{,}118} = \mathbf{10730}$$

Aus Abb. 3: $n_{s_r} = \mathbf{0{,}72}$

daher: $V_r = 11{,}3 \times 1{,}7 \times 0{,}72 \times 2{,}3526 = \mathbf{32{,}5}$ km/h

$$N_{i_r} = \frac{12000 \times 32{,}5}{270} = 1443 \text{ PS}_i, \ \varepsilon_r \sim 53\,\%.$$

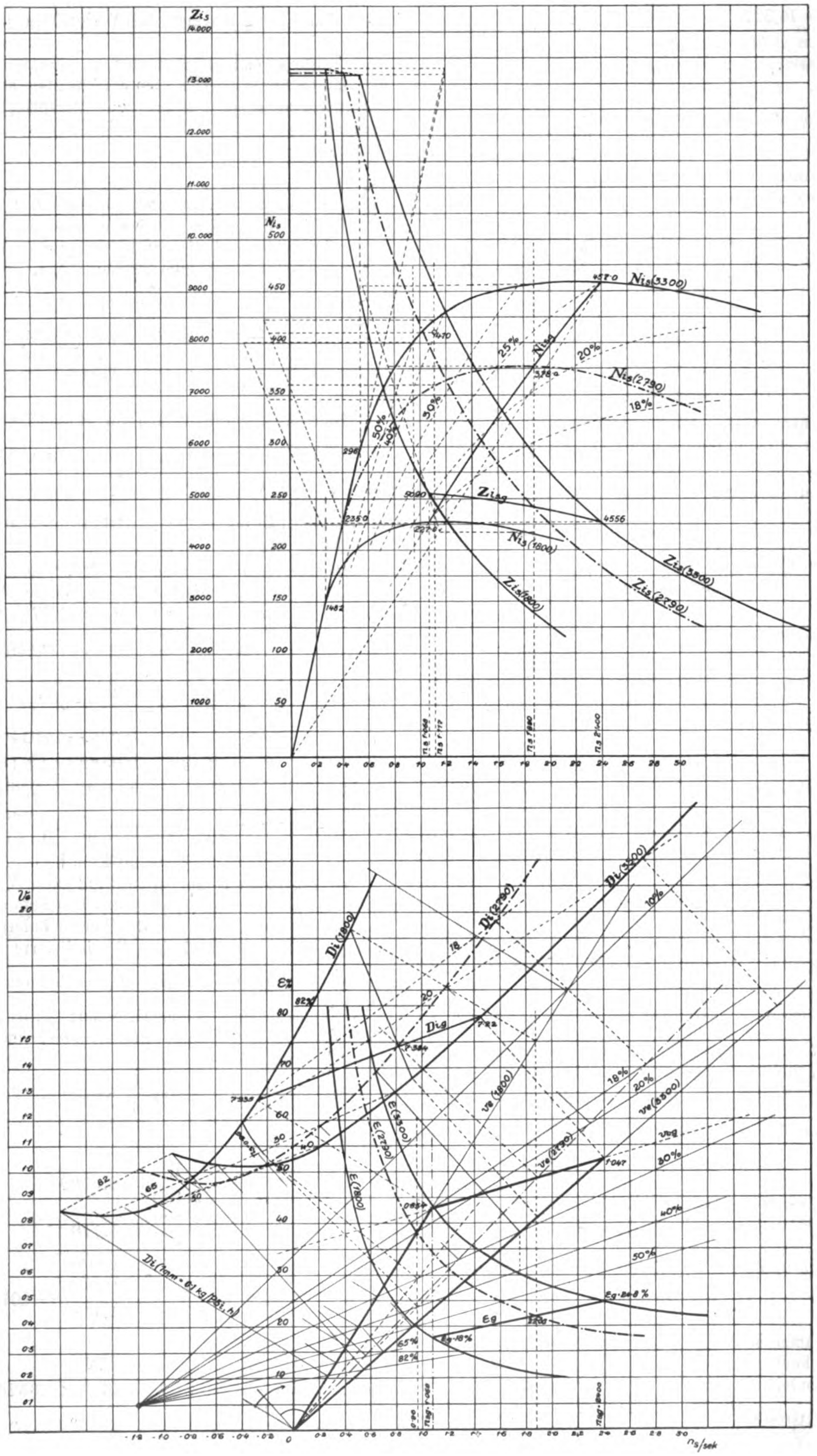


Abb. 3. **Hauptdiagramm der Heifsdampflokomotive mit einfacher Dampfdehnung. $p_k = 15$ ata.**

Ist $\frac{Q}{R} = 3300$, wird $n_{s_r} = 0{,}84$

und $V_r = 38{,}0$ km

$N_{i_r} = 1687$ PS_i

$\varepsilon_r \sim 53\,\%$.

III. Berechnung einer Lokomotive bei gegebenem Betriebsprogramm.

Es soll eine Heifsdampf-Zwillingslokomotive berechnet werden, welche

1. einen Güterzug von 800 t auf einer langen Steigung von 10 ‰ (einschliefslich Bogenwiderstand) mit annähernd 30 km/h und
2. einen Güterzug von 560 t auf einer Steigung von 16 ‰ mit ~ 25 km/h befördern kann.

Wir wählen: $p_k = 15$ ata, $V_{max} = 60$ km/h, Achsdruck $P \leqq 15{,}0$ t.

Zu 1. Das Gewicht von Lokomotive und Tender kann nach ausgeführten Lokomotiven auf $G_{l+t} = 120$ t geschätzt werden. Nach der »vereinfachten« Widerstandsformel ist:

$$W = (800 + 120)\left(2{,}5 + \frac{30^2}{2000} + 10\right) = 11910 \text{ kg}$$

Mit einem mechanischen Wirkungsgrad $\eta_m = 0{,}90$ erhält man

$$Z_i = \frac{11910}{0{,}9} = 13230 \text{ kg}$$

und

$$N_i = \frac{13230 \times 30}{270} = 1470 \text{ PS}_i.$$

Die Rostanstrengung sei zu $r = 500$ kg für dauernde Höchstleistung angenommen, womit aus Abb. 1 $\frac{Q}{R} = 2875$ sich ergibt.

Aus Gl. 7) und Gl. 3) folgt $v_{s_g} = 0{,}982$.

Nimmt man $V_{max} = V_g = 60$ km/h an, so ist

$$n_{s_g} = \frac{2875}{1440} \times 0{,}982 \simeq 1{,}964.$$

Bei $V = 30$ km/h ist dann $n_s = \frac{1{,}964}{2} = \mathbf{0{,}982}$ und nach Abb. 3 die entsprechende spezifische Leistung $N_{i_s} \simeq 365$ PS_i. Da wir $N_i = 1470$ PS_i brauchen, ergibt sich die notwendige Rostfläche zu $\mathbf{R} = \frac{1470}{365} = \mathbf{4{,}028\ m^2}$.

Der Triebraddurchmesser sei $D = 1{,}30$ m, dann ist aus

$$V_g = 11{,}3 \times D \times n_{s_g} \times \frac{R}{J/100} = 60 = 11{,}3 \times 1{,}3 \times 1{,}964 \times \frac{4{,}028}{J/100}$$

$$\mathbf{J = 194\ l.}$$

Nach üblicher Annahme des Hubes, ergibt sich hieraus der Zylinderdurchmesser.

Zu 2. Der Widerstand ergibt sich zu:

$$W = (560 + 120)\left(2{,}5 + \frac{25^2}{2000} + 16\right) = 12780 \text{ kg}$$

und wieder Z_i, diesmal als indizierte Zugkraft an der Reibungsgrenze $\mathbf{Z_{i_r}} = \frac{12780}{\eta_m} = \frac{12780}{0{,}90} = \mathbf{14200}$ kg; mit $f_i = \frac{1}{5}$ wird das notwendige Reibungsgewicht $\mathbf{G_a} = 14200 \times 5 = \mathbf{71000}$ **kg** entsprechend fünf gekuppelten Achsen zu $P = 14{,}2$ t Achsdruck.

Die spezifisch indizierte Zugkraft:

$$Z_{i_{s_r}} = \frac{14200}{\frac{J/100}{D}} = \frac{14200}{1{,}492} \simeq \mathbf{9520} \text{ kg}$$

aus Abb. 3 $n_{s_r} = 0{,}86$, $V_r = 26{,}15$ km/h, $\varepsilon_r \cong \mathbf{45}\,\%$.

D. Kurze Behandlung einiger Fragen, deren Beantwortung Abb. 3 erleichtert.

a) Ausnützung der Zugkraft an der Reibungsgrenze mit Rücksicht auf die dauernd anwendbare gröfste Füllung.

Wenn die, mit einem $f_i = \frac{1}{5}$ nach Beispiel II, bestimmte Füllung ε_r zu grofs wird und wegen der Feuerhaltung nicht für längere Zeit (Fahrt mit der Reibungsgeschwindigkeit im Beharrungszustande, zum Unterschied vom Anfahren, wo gröfsere Füllung für kurze Zeit in Betracht kommt) angewendet werden kann, mufs die Anstrengung der Lokomotive ermäfsigt werden; die Füllung des Beharrungszustandes wird: $\varepsilon_k < \varepsilon_r$, $V_b > V_r$ (siehe Ingenieur Arlet »Kritische Geschwindigkeit« in der Zeitschrift »Die Lokomotive« 1922). Wenn sich z. B. herausstellt, dafs die Lokomotive des Beispiels II eine Füllung von $\varepsilon_r = 53\,\%$ auf die Dauer nicht verträgt, so mufs mit $\varepsilon_k < 53\,\%$, z. B. $\varepsilon_k = 45\,\%$ gefahren werden. Bei $\frac{Q}{R} =$ Konstante, wird dann $f_i < \frac{1}{5}$, $V_b > V_r$ (neue Reibungsgeschwindigkeit) und die Belastung wird kleiner.

b) Anfahren.

Für das, kurze Zeit dauernde, Anfahren auf starker Steigung kann 1. $\frac{Q}{R} = 3300$, 2. $f_i = \frac{1}{4}$ angenommen werden. Mit Hilfe der Abb. 3 lassen sich die mit zunehmender Umdrehungszahl abnehmenden Z_i bestimmen, ebenso der Dampfverbrauch und mit Abb. 1 dann auch der Kohlenverbrauch.

c) Gröfste mögliche Reibungszugkraft.

Nach Abb. 3 ist $Z_{i_{s_{max}}} \cong 13360$; damit ist für eine bestimmte Lokomotive die gröfste Zugkraft aus der Kesselleistung und somit auch $f_{i_{max}}$ bestimmt. Die gröfste Füllung ist in Abb. 3 $\varepsilon_{max} = 82\,\%$ angenommen. Es wird meistens der Strahlsche Höchstwert $f_i = \frac{1}{3{,}33}$ nicht erreichbar sein.

d) Wahl der Zylindergröfse mit Rücksicht auf die Höchstfüllung an der Reibungsgrenze.

Je gröfser der Zylinderinhalt, desto kleiner wird, bei gleichem f_i, die Füllung ε_r. Man kann also auch $f_i > \frac{1}{5}$ erreichen, wenn entweder ε_r gröfser zugelassen wird, oder wenn J vergröfsert wird.

1. Die Rechnung, welche zugleich ein Beispiel zum Fall a bietet, werde für eine dreifach gekuppelte Heifsdampflokomotive mit $G_a = 3 \times 16 = 48$ t, $D = 1{,}700$ m, $p_k = 15$ ata, $R = 4{,}5\ m^2$ durchgeführt. Wie grofs mufs J sein, wenn $\varepsilon_r = 50\,\%$, $f_i = \frac{1}{4}$ und $\frac{Q}{R} = 3300$ angenommen wird?

Aus Abb. 3: $Z_{i_{s_r}} = 10400$

$n_{s_r} = 0{,}90$

da $Z_{i_r} = \frac{48000}{4} = 12000$ ist

entnimmt man $\frac{J/100}{D} = \frac{12000}{10400} = 1{,}154$

$J/100 = 1{,}154 \times 1{,}7 = 1{,}96$

$\mathbf{J = 196\ l}$

Die Reibungsgeschwindigkeit ist $\mathbf{V_r = 39{,}8}$ **km/h**.

Bei einem normalen Wert $f_i = \frac{1}{5}$ und $\frac{Q}{R} = 2860$

ist
$$Z_{i_r} = \frac{48000}{5} = 9600$$
$$Z_{i_{s_r}} = 8320$$
$$n_{s_r} = 1{,}08,\ V_r = 47{,}8$$
$$\varepsilon_r \simeq \mathbf{36}\,\%.$$

Diese Füllung ist für die, richtigerweise nur auf großen Steigungen vorkommende, Geschwindigkeit zu klein; Füllungen zwischen 30 und 40% kommen für die günstigen Strecken zur Anwendung, auf den selteneren großen Steigungen kann $\varepsilon_r = 45\,\%$ betragen. Mit $f_i = \frac{1}{5}$ wird dann $Z_{i_{s_r}} = 9900$.

$$n_{s_r} = 0{,}82$$
$$J = \frac{9600 \times 1{,}7 \times 100}{9900} = \mathbf{165}\ l$$
$$V_r = \mathbf{44}\ \mathrm{km/h}.$$

Damit ist auch eine größere Spannung zwischen V_g und V_r erreicht, was für die Einstellung der notwendigen Leistungen vorteilhaft ist.

Im Falle $J = 196\ l$ ist $V_r = 47{,}8$, $V_g = 87{,}2$

» » $J = 165\ l$ ist $V_r = 44{,}0$, $V_g = 103{,}2$

und das Verhältnis wird einmal $\frac{V_g}{V_r} = \mathbf{1{,}824}$, dasanderemal $= \mathbf{2{,}345}$.

2. Die Lokomotive habe $J = 170\ l$, $D = 1{,}7$ m, $R = 4{,}5\ m^2$, vier gekuppelte Achsen zu 16 t, also $G_a = 64000$ kg.

Mit $f_i = \frac{1}{5}$ ist $Z_{i_r} = 12800$

$$Z_{i_{s_r}} = \frac{12800}{\frac{1{,}7}{1{,}7}} = 12800$$

und nach Abb. 3 $n_{s_r} = \mathbf{0{,}56}$, $V_r = \mathbf{28{,}4}$, $\varepsilon_r = \mathbf{64}\,\%$.

Diese Füllung ist auf längere Zeit nicht einzuhalten, sie kann aber z. B. $\varepsilon_k = 45\,\%$ sein.

Dann ist $Z_{i_{s_r}} = 9900$
$$Z_{i_r} = 9900$$
$$f_i = \frac{1}{\mathbf{6{,}465}},\ V_r = 41{,}7\ \mathrm{km/h}.$$

Diese geringe Ausnutzung der Reibung beweist, daß die Zylinder zu klein sind und somit die vierte Kuppelachse zwecklos wäre. Um sie auszunutzen, wenn $f_i = \frac{1}{5}$, $\varepsilon_r = \varepsilon_k = 45\,\%$, also

$$Z_{i_r} = 12800$$
$$n_{s_r} = 0{,}82$$
$$Z_{i_{s_r}} = 9900 \text{ ist}$$

muß $J = 100 \frac{Z_{i_r}}{Z_{i_{s_r}}} D = \mathbf{221}\ l$ gewählt werden.

Dann ist $V_r = \mathbf{32{,}1}$ km/h (Reibungsgeschwindigkeit = kritische Geschwindigkeit nach Ing. Arlet.

e) Betriebscharakteristik nach Strahl.

Man kann für irgendeine Rostanstrengung nach bekanntem Verfahren die Belastungen berechnen und den stündlichen Dampf- und Kohlenverbrauch für jede Geschwindigkeit bestimmen; für Geschwindigkeiten unterhalb V_r ist zu beachten, daß der spezifische Dampfverbrauch im Verhältnis des ganzen Wärmegefälles zum gedrosselten größer wird, da die Ausnützung des vollen Dampfdruckes infolge der Beschränkung der Zugkraft durch die Reibung unmöglich wird.

Aus der Belastung G und der Geschwindigkeit V erhält man im Produkt (G V) die Bruttotonnenkilometer. Der stündliche Verbrauch durch (G V) dividiert, ergibt den Verbrauch je Tonnenkilometer, welcher ein Maßstab der Wirtschaftlichkeit ist. Für eine bestimmte Geschwindigkeit und Steigung läßt sich nun nach C, h und C, i die Strahlsche »Betriebscharakteristik« zeichnen. Als Abszissen erscheinen hier die N_i, anstatt N_e nach Strahl.

Die Betriebscharakteristik in ihrer vollständigen Darstellung läßt dann Schlüsse auf den Einfluß der verschiedenen Auslastung des Zuges, auf die Änderung des Verbrauches bei anderer Geschwindigkeit und Steigung, die Eignung der Lokomotive für den verlangten Dienst u. ä. zu. Die weitläufigen Untersuchungen sollen an dieser Stelle nicht weiter behandelt werden.

E. Die Kennziffern der Lokomotive.

Die sogenannte erste Kennziffer $C_1 = \frac{d^2 s}{D}$ wird für die Modell-Lokomotive

$$C_1 = \mathbf{1274}$$

Die zweite (Garbesche) für eine beliebige Lokomotive

$$C_2 = \frac{d^2 s}{D\,G_a} \text{ wird}$$
$$C_2 = \frac{\mathbf{400}}{\pi}\,\frac{\mathbf{J}}{\mathbf{D\,G_a}}$$

wobei J in Litern, d und s in dm, D in dm, G_a in t einzusetzen ist.

F. Abweichungen von den Annahmen und deren Berücksichtigung.

1. Für eine Kohle von anderem Heizwert als $H = 6700$ ändern sich bei gleichen Grenzanstrengungen $\frac{Q}{R}$ die Werte r. Da die ε_g unverändert bleiben, läßt sich die geänderte Gleichung 7) $\varepsilon_g = a + b\,r$ leicht anschreiben. Die anderen Gleichungen bleiben unverändert.

2. Der Dampfdruck hat nur geringen Einfluß auf $\frac{Q}{R}$ (Strahl).

3. Werden die hier vorausgesetzten Dampftemperaturen im Kessel nicht erreicht, so wird sich $\frac{Q}{R}$ für unverändertes r ändern und zwar für kleineres T' im Verhältnis $\frac{i_o - t}{i_o' - t}$ größer werden. Für die Anstrengungsgrenzen $\frac{Q}{R} = 1800$ bis 3300 ergeben sich somit kleinere r. Gl. 7) müßte ebenfalls entsprechend geändert werden.

4. Wenn die Dampftemperatur im Schieberkasten eine andere als die angenommene ist, so kann dies berücksichtigt werden, indem D_i im Verhältnis der bez. Wärmegefälle verändert wird; ebenso wird D_i durch eine Änderung des Dampfdrucks beeinflußt. Für den oft vorkommenden Druck $p_k = 13$ ata empfiehlt sich der vollständige Entwurf eines Hauptdiagramms. [Das in Gl. 2) vorkommende v_o muß bei abweichenden Betriebsbedingungen aus dem JS-Diagramm bestimmt werden, es ändert sich dann auch n_s.]

G. Schluß.

Die Verschiedenheit der Steuerungen, die Güte der Ausführung u. ä. bewirkt, daß die Vorausbestimmung der erreichbaren Leistung einer zu entwerfenden Lokomotive äußerst schwierig ist. Im vorangehenden wurden durchwegs mögliche, nicht gar zu günstige Voraussetzungen, insbesondere bezüglich des Dampfverbrauchs gemacht; der Gütegrad des Indikatordiagramms, der ja nach Erfahrung angenommen werden muß, ist derart gewählt, daß mit dem Verfahren brauchbare Ergebnisse erzielt werden.

Während der Beschäftigung des Verfassers mit vorliegender Arbeit erschien das nachgelassene Werk von G. Strahl; mit Benützung der Angaben Strahls über den »Spannungs-

abfall« wurde nachträglich eine wesentliche Vereinfachung des neuen Verfahrens erreicht. Die Nachrechnung der Strahlschen Probefahrten und der amerikanischen Prüfstandversuche (Brückmann) erhärtete die Brauchbarkeit dieses Vorschlages. Verfasser hat auch durch Durchrechnung einer Güterzuglokomotive, deren Leistung ihm durch amtliche und eigene Probefahrten einwandfrei bekannt ist, dieses Verfahren als verwendbar bestätigt gefunden.

Über exzentrische Belastung der Holzschwellen.

Von **Joseph Nemcsek**, Ing. der k. ung. Staatsbahnen, Hatvan.

Exzentrische Belastung der Holzschwellen findet statt bei einseitig schief abgeplatteten Schwellen, wie solche bei vielen Bahnen noch im Gebrauch sind, und weiter bei exzentrisch angebrachten Unterlegplatten, die nach Umnagelungen häufig vorkommen. Die Beanspruchung von Holz und Bettung ist in diesem Falle ungünstig: dies rechnerisch klarzulegen ist die Aufgabe folgender Ableitungen.

Der Schienendruck (ΣP) übt durch einen 1 cm breiten Streifen quer zur Schwellenachse den Teildruck P auf die Schwelle aus, welcher fast genau $\frac{\Sigma P}{l}$ ist, wobei l die Länge der Unterlagsplatte (parallel zur Schwellenachse gemessen) bedeutet (siehe Abb. 1). Dieser Druck erregt wieder auf der unteren Seite der Schwelle einen gleich grofsen Gegendruck

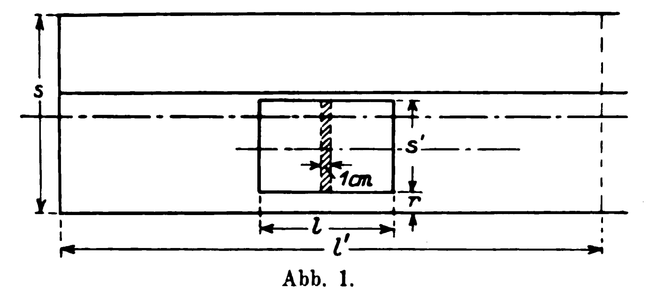


Abb. 1.

auf der Fläche l'. Die Verteilung der Kräfte in der Richtung der Schwellenachse soll hier nicht verfolgt werden, und das Verhältnis $\frac{l}{l'}$ bleibe unbestimmt.

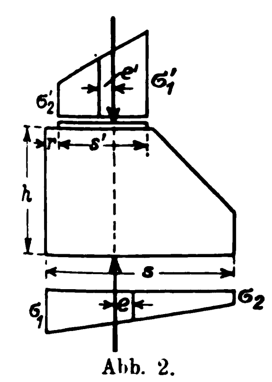


Abb. 2.

Abb. 2 zeigt die Querschnitte der Spannungsprismen, die bei exzentrischer Belastung unter der Unterlagsplatte und über der Bettung auftreten. Sie müssen Trapeze sein, weil bei rechtwinkligen Figuren die Schwerebenen des oberen und unteren Spannungskörpers nicht zusammenfallen könnten.

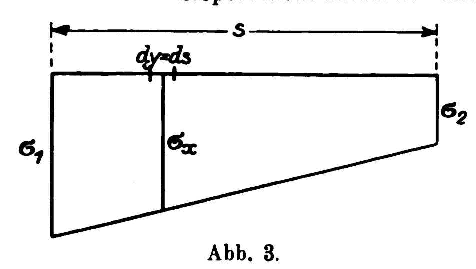


Abb. 3.

Wählt man die in der Abb. 2 vorgeführten Bezeichnungen, so sind die Spannungen:

$$\sigma_1 = \frac{P}{s}\left(1 + \frac{6\,e}{s}\right) \text{ und } \sigma'_1 = \frac{P}{s'}\left(1 + \frac{6\,e'}{s'}\right)$$

und hieraus die Exzentrizitäten:

$$e = \left(\frac{s\,\sigma_1}{P} - 1\right)\frac{s}{6};\quad e' = \left(\frac{s'\,\sigma_1'}{P} - 1\right)\frac{s'}{6}.$$

Mit den Exzentrizitäten können wir die statische Gleichgewichtsbedingung ausdrücken: $r + \frac{s'}{2} + e' = \frac{s}{2} - e$. Diese gibt nach Benützung obiger Beziehungen

$$s^2\,\sigma_1 + s'^2\,\sigma_1' = -2\,P\,(3\,r + s' - 2\,s) \quad \ldots \text{a)}$$

Diese Bedingung genügt aber nicht zur Bestimmung der beiden Unbekannten (σ_1 und σ_1'), und es gibt auch keine weitere statisch bestimmte Bedingung, so dafs wir die Arbeitsgleichung der obwaltenden Kräfte aufstellen müssen. Die Aufgabe ist nicht die schablonenmäfsige, da wir es mit stetig ungleichmäfsig verteilten Kräften zu tun haben, doch das Prinzip der kleinsten Arbeit führt hier leicht zum Ziele.

Es bedeutet A die innere Formänderungsarbeit der Spannungen σ (deren Grenzen σ_1 und σ_2 sind) im Holze, und A' die innere Formänderungsarbeit der Spannungen σ' (deren Grenzen σ_1' und σ_2' sind) im Holze. Der Gleichung a) entsprechen noch immer unendlich viele Möglichkeiten der Spannungsverteilungen, doch jene einzige wird tatsächlich auftreten, bei welcher die inneren Formänderungsarbeiten A und A' zusammen den kleinsten Wert abgeben, d. h.:

$$\frac{d\,(A + A')}{d\,\sigma_1} = \frac{d\,A}{d\,\sigma_1} + \frac{d\,A'}{d\,\sigma_1} = 0 \quad \ldots \text{b)}$$

Wenn die Höhe der Schwelle mit h bezeichnet wird, und sie auf der Breite dx unter dem Einflusse der Spannung σ_x (s. Abb. 3) die elastische Formänderung $d\,h = \frac{h\,.\,\sigma_x}{E}$ erleidet, so ist der Ausdruck der inneren Arbeit:

$$A = \frac{1}{2}\int_0^{x=s} \sigma_x\, d_x\, d\,h = \frac{1}{2}\,\frac{h}{E}\int_0^{x=s} \sigma_x^2\, dx,$$

und ebenso

$$A' = \frac{1}{2}\,\frac{h}{E}\int_0^{x=s'} \sigma_x'^2\, dx, \text{ Gleichung } \ldots \text{b)}$$

Somit wird:

$$\frac{d}{d\,\sigma_1}\int_0^{x=s} \sigma_x^2\, dx + \frac{d}{d\,\sigma_1}\int_0^{x=s'} \sigma_x'^2\, dx = 0 \quad \ldots \text{c)}$$

Aus Abb. 3 ist ersichtlich, dafs $\sigma_x = \sigma_1 + \frac{2\,x\,(P - s\,\sigma_1)}{s^2}$ ist, wodurch

$$\int_0^{x=s} \sigma_x^2\, d\,x = \frac{s^2\,\sigma_1^2 + 4\,P^2 - 2\,P\,s\,\sigma_1}{3\,s} \text{ und}$$

$$\int_0^{x=s'} \sigma_x'^2\, d\,x = \frac{s'^2\,\sigma_1'^2 + 4\,P^2 - 2\,P\,s'\,\sigma_1'}{3\,s'} \text{ wird.}$$

Nach Gleichung c) wird daher

$$\frac{d}{d\sigma_1}\left(\frac{s^2\sigma_1^2 + 4P^2 - 2Ps\sigma_1}{3\,s}\right) + \frac{d}{d\sigma_1}\left(\frac{s'^2\sigma_1'^2 + 4P^2 - 2Ps'\sigma_1'}{3\,s'}\right) = 0.$$

Aus der Bedingungsgleichung a) erhalten wir

$$\sigma_1' = \frac{-2\,P\,(3\,r + s' - 2\,s) - s_1^2\,\sigma_1}{s'^2}.$$

Setzen wir dies in obige Gleichung ein, so erhalten wir durch Differenzieren die gröfste Spannung an der unteren Fläche der Schwelle bei exzentrischem Druck in der Form

$$\sigma_1 = \frac{P}{s\,s'^3 + s^4}\left[4\,s^3 - 3\,s^2\,(s' + 2\,r) + s'^3\right] \quad \ldots \text{d)}$$

Da aber $l \neq l'$ ist, so erleidet dieser Ausdruck eine Reduktion; der verhältnismäfsige Einflufs der Exzentrizität ist aber auch bestimmbar, ohne dafs man die Verteilung der Druckkräfte senkrecht zur Kraftebene verfolgt. Es sei der gleichmäfsige Bettungsdruck unter der Schwelle bei zentrischer Belastung in der Ebene des Schienenlängsschnittes $\sigma = \frac{\sigma_1}{\varkappa}$, so ist der Einflufs der Exzentrizität aus $\frac{P}{s}\,\varkappa = P\,\frac{4\,s^3 - 3\,s^2\,(s' + 2\,r) + s'^3}{s\,s'^3 + s^4}$ nach Ein-

führung der Verhältniszahlen $\frac{s'}{s} = a$ und $\frac{2r}{s} = \beta$ berechenbar zu:

$$\varkappa = \frac{a^3 + 4 - 3(a+\beta)}{a^3+1} \quad \ldots\ldots\ldots \text{e)}$$

Bei zentrischer Belastung, wenn also bei Schwellen rechtwinkeligen Querschnittes die Unterlegplatte über der Längsachse mittig liegt, ist $\beta = 1 - a$, was in den Ausdruck für $\varkappa$ eingesetzt natürlich $= 1$ liefern mufs, da in diesem Falle $\sigma_1 = \sigma$ ist.

Wenn eine 16 cm breite Unterlegplatte am Rande einer Schwelle liegt, deren untere Breite 25 cm ist, wobei $P = \frac{8000}{18} = 444$ kg wird, so liefert obige Gleichung $\sigma_1 = 1{,}85\,\sigma$, d. h. eine $85\,^0/_0$ige Überbelastung der Bettung infolge der Exzentrizität, die sich zu 3,85 cm berechnen läfst.

Falls $\beta = 0$, sind die zusammengehörigen Werte:

$a =$	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
$\varkappa =$	2,33	1,99	1,67	1,40	1,17	1,00.

Für die Holzpressung unter der Platte liefert Gleichung a) den Übergang von σ_1 der Gleichung d) auf σ'_1. Es sei $\sigma_1' = \lambda\sigma = \lambda\frac{P}{s}$, wobei:

$$\lambda = \frac{3a(1-\beta) - 2a^3 + 1}{a + a^4} \quad \ldots\ldots\ldots \text{f)}$$

Wenn $a = \beta = 0{,}5$ ist, so wird $\lambda = 2{,}00$ und wenn $a = 0{,}5$, $\beta = 0$, so wird $\lambda = 2{,}666$, die Überbelastung beträgt also $33\,^0/_0$.

Bei $\sigma_1' = \lambda'\sigma' = \lambda'\frac{P}{s'}$ ist

$$\lambda' = \frac{1 + 3a^2(1-\beta) - 2a^3}{1 + a^3} \quad \ldots\ldots\ldots \text{g)}$$

$\beta = 1 - a$ gibt wieder $\lambda' = 1$ und $a = 0{,}5$, $\beta = 0$, $\lambda' = 1{,}33$, also gleichfalls $33\,^0/_0$ Überbelastung.

Es können aber noch gröfsere Beanspruchungen auftreten. Das ist leicht einzusehen, wenn die Resultierende aufserhalb des Kernes wirkt, also die Exzentrizität Dreiecksspannungsfiguren hervorruft.

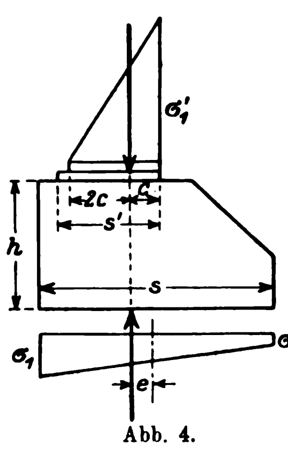


Abb. 4.

Das ist jedoch bei den in Frage kommenden Mafsen nicht der Fall, wenn man noch voraussetzt, dafs die Schiene die Unterlegplatte gleichmäfsig beansprucht. Dafs oben und unten Dreiecksfiguren nicht zugleich entstehen können, ist leicht zu beweisen, wogegen der Beweis, dafs der in der Abb. 4 angedeutete Fall nicht vorkommen kann, sehr langwierig ist. Wir begnügen uns an einem Beispiel zu zeigen, dafs der angedeutete Fall dem Satze vom Minimum der inneren Arbeiten widerspricht.

Wenn der Fall möglich wäre, so müfsten die statisch bestimmten und unbestimmten Bedingungen*) zu folgender Gleichung 3. Grades führen:

$$\sigma_1^3 - \sigma\sigma_1^2(1 - 4\varrho) + 4\sigma^2\varrho\sigma_1(1+\varrho) - 4\sigma^3(1+\varrho^2) = 0 \;..\; \text{h)}$$

wo $\varrho = 2 - \frac{3}{2}\beta - 3a$, $\sigma = \frac{P}{s}$, $a = \frac{s'}{s}$, $\beta = \frac{2r}{s}$.

*) Die statisch bestimmte Bedingung lautet $\frac{s^2\sigma_1}{2P} - \frac{2P}{\sigma'} = 2s - 3r - 3s'$, und aus der Bedingung der kleinsten Formänderungsarbeit erhalten wir $\frac{d}{d\sigma_1}\left(\frac{s^2\sigma_1^2 + 4P^2 - 2Ps\sigma_1}{3s}\right) + \frac{d}{d\sigma_1}\frac{2}{3}P\sigma' = 0$. Es ist weiter hierin

$$\frac{d\sigma'}{d\sigma_1} = -\frac{4P^2s^2}{s^4\sigma_1^2 + 4P^2(2s - 3r - 3\sigma')^2 - 4Ps^2\sigma_1(2s - 3r - 3s')}.$$

σ' ist dann $= \frac{4\sigma^2}{\sigma_1 - 2\sigma\varrho}$ und $e = \left(\frac{s\sigma_1}{P} - 1\right)\frac{s}{6}$, $c = \frac{2}{3}\frac{P}{\sigma'}$.

Zur Probe mufs $r + s' - c = \frac{s}{2} - e$ sein.

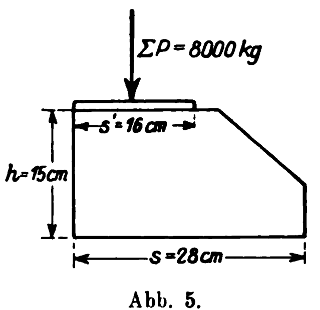


Abb. 5.

Berechnen wir nun den Grenzfall der Abb. 5 nach Gleichung h). Wir bekommen $\sigma_1 = 25{,}4$ kg/cm², $\sigma' = 62{,}5$ kg/cm². Nehmen wir dagegen Viereckfiguren an, so wäre nach Gleichung e)

$\sigma_1 = 33{,}0$ kg/cm² und
$\sigma' = 37{,}5$ kg/cm².

Welche der beiden Fälle unter der Belastung tatsächlich eintritt, hängt davon ab, ob bei der ersten Gruppe der Spannungen oder bei der zweiten gröfsere innere Arbeiten vorkommen.

Die inneren Arbeiten bei zwei viereckigen Spannungsfiguren sind:

unter der Schwelle $A_u = \frac{\varrho s}{3}(\sigma_1^2 + 4\sigma^2 - 2\sigma\sigma_1)\,.\,1{,}0$ kgcm,

unter der Platte $A_o = \frac{\varrho s}{3}\left(\frac{a^2\sigma'^2 + 4\sigma^2 - 2\sigma a\sigma'}{a}\right).\,1{,}0$ kgcm,

bei einer Dreieckspannungsfigur und einer Viereckfigur

unter der Schwelle $\bar{A}_u = \frac{\varrho s}{3}(\sigma_1^2 + 4\sigma^2 - 2\sigma\sigma_1)\,.\,1{,}0$ kgcm,

unter der Platte $\bar{A}_o = \frac{\varrho s}{3}\,2\sigma\sigma'\,.\,1{,}0$ kgcm.

Bei unserem Beispiel ist mit $\Sigma P = 8000$ kg, $l = 18$ cm, $h = 15$ cm, $\varrho = \frac{h}{2E} = 0{,}0000681$ cm³kg⁻¹, $\sigma = \frac{\Sigma P}{sl}$, $s = 28$ cm, $a = 0{,}57$, $A_u = 0{,}724$ kgcm, $A_o = 0{,}874$ kgcm, $\bar{A}_u = 0{,}531$ kgcm, $\bar{A}_o = 1{,}260$ kgcm.

Da $A_u + A_o < \bar{A}_u + \bar{A}_o$ ist, so haben wir den Beweis dafür, dafs selbst in diesem extremen Fall die Resultierenden innerhalb des Kernes verbleiben.

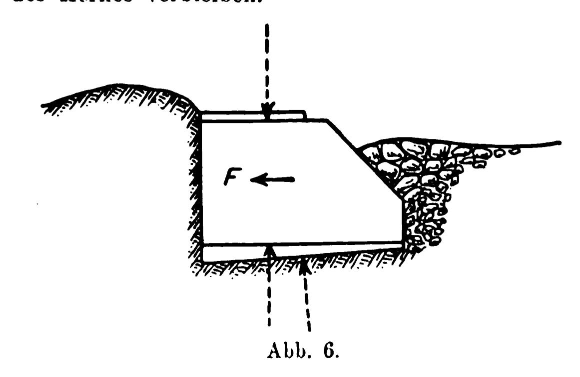


Abb. 6.

Exzentrisch belastete Schwellen (besonders solche vom Querschnitte der Abb. 6) verursachen noch eine unangenehme Erscheinung, die ihre Anwendnng in minderwertiger Bettung und bei Unterhaltung nach den Grundsätzen der planmäfsigen Gleisunterhaltung nicht ratsam macht. Eine solche Schwelle wandert nämlich und zwar um so rascher, je weniger Reibungswiderstand die Bettung und die Schiene bieten. Während bei gut unterstopfter Schwelle in Steinschlag die Wanderung kaum merkbar ist, kommt die Schwelle in schlechtem Schotter, besonders wenn fehlerhaft oder zu selten nachgestopft wird, erst durch den Gegendruck eines aufgestauchten Schotterhügels und durch die Spannwirkungen einer inzwischen eintretenden schrägen Lage der wandernden Schwelle in einen Gleichgewichtszustand. Der Abstand von der Nachbarschwelle kann sich dabei nach zahlreichen Aufmessungen bis zu 25 bis $30\,^0/_0$ verändern.

Bemerkenswert bei dieser Wanderung einzelner Schwellen ist, dafs die Schwelle mit ihrer lotrechten Fläche F vorwärtsdringt, nicht aber in der Richtung ihrer Keilform. Die Schwelle verschiebt sich also in jener Richtung, wohin die Resultierende der Druckkräfte bei der exzentrischen Belastung von der Halbierungsachse des Schwellenfeldes vorrückt. Die Ursache dürfte in der ungleichförmigen Belastung der Bettung zu suchen sein, wodurch leicht eine schiefe Auflagerfläche unter der hohlliegenden Schwelle entsteht. Wenn auch die resultierende Auflagerkraft, die zu dieser schiefen Fläche senkrecht zu

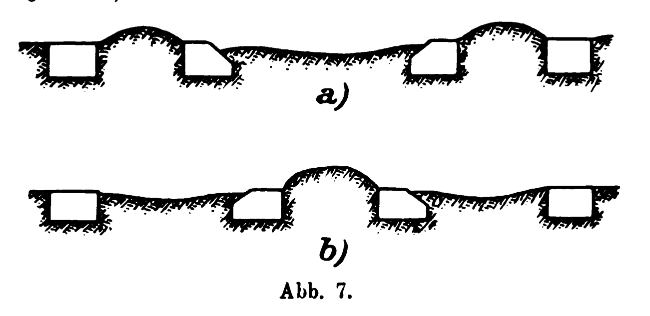


Abb. 7.

denken ist, eine kleinere wagrechte Komponente hat als die Reibung, so wirken die Schwingungen der entlasteten Schwelle auf dieser schiefen Fläche sicher wanderungserregend. Eine einwandfreie Erklärung und numerische Behandlung dieser Besonderheit bedarf noch eingehenderer Untersuchungen.

Wichtig ist noch der Fall, wenn zwei seitlich abgeschrägte Schwellen nebeneinander zu liegen kommen; hier können bald Wanderungen nach den zwei entgegengesetzten Fällen a) und b) der Abb. 7 eintreten. Auf diese Weise können einzelne Schwellen auch entgegengesetzt zur Wanderrichtung der Schiene wandern, auch bergwärts. Dagegen konnten selbst in sparsam unterhaltener Schotterbettung kaum jemals Fälle beobachtet werden, dafs solche Schwellen auf die Dauer fest stehen, noch weniger, dafs sie entgegen der angeführten Regel wandern.

Lehrreich ist die Beobachtung, dafs bei ausgeräumtem Schotter die in ihre ursprüngliche Einteilungen gebrachten Schwellen nach drei bis vier Tagen beträchtliche Wanderungen ausführen, je in der Richtung ihrer exzentrischen Beanspruchung.

Bei Nebenbahnen sind mitunter schräg liegende Mittelschwellen bemerkbar; die Untersuchung wird bei den meisten ergeben, dafs die eine Unterlegplatte exzentrisch liegt, die andere besser oder ganz symmetrisch.

Unsere Untersuchungen führen zu folgenden Ergebnissen über das Verhalten exzentrisch belasteter Schwellen:

1. Die Beanspruchung des Holzes unter der Platte ist um 20 bis 40 % gröfser als bei gleichmäfsiger Belastung durch die in der Mittellinie auflagernde Platte; dieser Umstand ist nicht zu unterschätzen, wenn man bedenkt, dafs die Kraftübertragung durch die Platte senkrecht zu den Holzfasern geschieht und die Beanspruchung durch den Plattenrand als Abscherung parallel zu den Fasern wirkt. In der Tat sind solche Schwellen durch die Platten am meisten eingekerbt und man wird immer beobachten, dafs die Einkerbungen an jener Plattenseite am stärksten sind, die der Schwellenmitte näher liegt. Die oben angedeutete Prozentzahl wird noch gröfser, wenn die Schiene in ihren elastischen Schwingungen mehr an dieser Vorderseite der Platte den Raddruck übermittelt.

2. Die Bettung kann eine fast 100 %-ige einseitige Überbelastung erfahren, wobei gleichzeitig die andere Seite stark entlastet wird, wodurch die Schwelle sehr bald hohl zu liegen kommt.

3. Wenn die Schwelle nicht auf bester Unterlage liegt und öfter unterstopft wird, so wandert sie und es entstehen unzulässige Schwellenabstände.

Plötzliche Wanderungen der Schwellen.

Von **Elemèr v. Pál**, Dipl.-Ingenieur. Inspektor der kgl. ung. Staats-Eisenbahn.

Man bemerkt öfters Schwellen, die ganz nahe zur Nachbarschwelle liegen. Als Begleiterscheinung zeigt sich eine unnatürliche Aufbauschung der Bettung.

Diese Erscheinung, die durch die rollende Belastung verursacht wird, sei »Schwellenwanderung« genannt.

Es sei darauf hingewiesen, dafs auch die allgemein bekannte »Schienenwanderung« eine Verschiebung der Schwellen zur Folge haben kann. Diese Erscheinung zeigt denselben Charakter, wird aber durch andere Ursachen hervorgerufen und ist also von der »Schwellenwanderung« streng zu unterscheiden*). Solche Schwellenwanderungen werden in der Regel in der Mitte der Schienenfelder, seltener in der Nähe der Schienenstöfse beobachtet. Die Masse der Verschiebungen betragen oft 25 bis 30, sogar bis 50 cm.

Bewegen sich beide Enden der Schwellen gleichmäfsig, so hat man es mit einer zweiseitigen, wenn hingegen nur ein Ende verschoben wird, mit einer einseitigen Schwellenwanderung zu tun.

Diese Bewegung der Schwellen unterscheidet sich von den anderen Veränderungen des Oberbaues (z. B. Schienenwanderung, Senkungen usw.). Diese entstehen langsam und benötigen manchmal Monate, sogar Jahre, bis sie bemerkt werden. Mit den Schwellenwanderungen steht die Sache jedoch anders, denn die Beobachtungen und die Begleiterscheinungen haben ergeben, dafs sie plötzlich, wie durch Schlagwirkung an einem im vorhinein nicht bestimmbaren Orte auftreten.

Diese Erscheinung soll im folgenden in kurzer Zusammenfassung erklärt werden.

Eine Schwelle drängt sich derart in die Nähe der Nachbarschwelle, als ob sie auf ihren Schienennägeln hinge, der Drang erzeugt vor sich eine Aufbauschung, hinter sich eine Lücke in der Bettung.

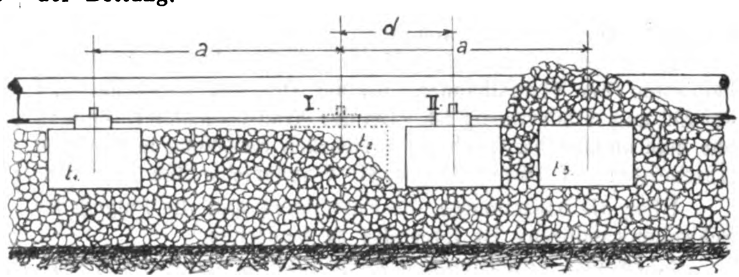


Abb. 1. Wanderschwelle. Schwelle t_2 wandert von Lage I in Lage II und bauscht die Bettung auf. a ist die ursprüngliche Schwellenweite, d die Gröfse der Wanderung.

Der erste Eindruck bei der Beobachtung einer Wanderschwelle (Abb. 1) ist, als ob jemand gegen die Mitte der Schwellenoberkante einen starken Hammerschlag geführt hätte. Man sucht die Spuren dieses starken Schlages, glaubt ihn verursacht durch hängende Wagenbestandteile, findet aber nichts. Diese Schwellenwanderungen haben zweierlei sehr gefährliche Eigenschaften. Die eine ist ihre rasche Entstehung, die zweite ist der im vorhinein nicht bestimmbare Ort. Betreffs der raschen Entstehung bemerkt man, dafs ein einziger durchfahrender Zug eine derartige Schwellenwanderung hervorrufen kann. Dies läfst sich durch folgende Beobachtungen begründen:

*) (Anmerkung der Schriftleitung). Es dürfte sich empfehlen, die plötzlich und sprunghaft auftretende „Schwellenwanderung" zum Unterschied von der ähnlichen Folgeerscheinung des Schienenwanderns mit einem besonderen Namen zu bezeichnen, etwa mit „Schwellenschub".

1. Die Aufbauschung der Bettung macht den Eindruck einer Sprengung und zwar deshalb, weil die grofsen Bettungskörner weiter, die kleineren näher an der Wanderschwelle liegen; ferner, weil zwischen der Wanderschwelle und der aufgebauschten Bettung ein senkrechter, 8 bis 10 mm breiter Zwischenraum sichtbar wird, der dadurch entsteht, dafs die elastische Bettung die Wanderschwelle zurückwirft. Dieser Spalt verschwindet jedoch wieder durch die walzende Wirkung der nachkommenden Züge. Die Ansicht, dafs ein entgegengesetzt kommender Zug solchen Spalt erzeugen kann, ist nicht zutreffend, da ein dadurch entstandener Spalt auch später sichtbar bleiben würde.

Bei einer frisch entstandenen Schwellenwanderung ist die obere Seite der Schwelle von einer kleinkörnigen dünnen Schotterschicht bedeckt, weil die Bettung vor der raschen Bewegung der Schwelle nicht ausweichen kann und auf die Schwelle zurückfällt. Diese dünne Schotterschicht verschwindet dann teilweise durch die Erschütterung, durch den Luftstrom der rollenden Züge, ist aber bei einer frischen Wanderschwelle immer sichtbar.

2. Infolge der Verschiebung verkratzen die Befestigungsmittel den Schienenfufs oben oder unten, je nachdem ob Unterlagsplatten oder nur Schienennägel vorhanden sind.

Diese Verkratzungen bestätigen die Schnelligkeit der Verschiebung und beweisen die gleichzeitige Verschiebung der ganzen Schwelle. Diese Verkratzungen zeigen der ganzen Länge nach Metallglanz, der sich selbstredend mit der Zeit oxydiert, so dafs nur die rostige Spur zurückbleibt, die noch lange Zeit sichtbar ist.

Eine andere gefährliche Erscheinung der Schwellenwanderung ist ihr unerwartetes Auftreten. Den Ort einer kommenden Schwellenwanderung verrät weder der Zustand der Schwelle noch der des Bahngleises. Eine Schwellenwanderung entsteht unbedingt, wenn die Lastübertragung an der Schwellenlagerfläche nicht in die senkrechte Mittellinie oder in ihre unmittelbare Nähe fällt. Bei einer Schwelle mit trapezförmigem Querschnitt kommt dies öfter vor.

Wanderschwellen kommen bei jedem Oberbau, auf jeder Haupt- und Nebenlinie, in der Geraden sowie in Krümmungen, Gefällen und Steigungen vor, wenn die Gleiserhaltung nicht mit entsprechender Sorgfalt durchgeführt wird. Aufserdem hat man beobachtet, dafs Schwellenwanderungen sehr häufig in verschmutzter Bettung und sogar bei kurz vorher eingebauten Eisenbetonschwellen entstanden.

In Ungarn fand der Verfasser Wanderschwellen am häufigsten bei Vizinalbahnen, wo der Oberbau schwächer und die Bettung minderwertig ist. Bei der Arad-Csanáder-Eisenbahn hat man unmittelbar nach der serbischen Besetzung in manchen Abschnitten auf 100 m 25 bis 30 Wanderschwellen gefunden.

Über die Einzelheiten, die Entstehung und die Folgen der Schwellenwanderung ist folgendes zu bemerken:

1. Es gibt einseitige und zweiseitige Schwellenwanderung, bei letzterer bewegen sich die beiden Enden der Schwelle ungleichmäfsig.

2. Nur bei grofsem Gefälle geht die Fortbewegung in der Fallrichtung, bei geringem oder auf der Wagrechten kann die Fortbewegung in beiden Richtungen vorkommen, bei Nachbarschwellen sogar in entgegengesetzter Richtung. Dies beweist am schlagendsten, dafs sich die Schwelle unmöglich durch Schienenwanderung fortbewegt haben kann.

3. In der Nähe von Haltestellen, wo schnellfahrende Züge stark bremsen, hat man Wanderschwellen in gröfserer Anzahl beobachtet als auf der übrigen Strecke.

4. Wichtig sind die geologischen Verhältnisse des Untergrundes. Unserer Überzeugung nach erleichtert elastischer Untergrund wie z. B. Torf, Moor, feuchter Lehm usw. die Entstehung von Schwellenwanderungen.

Wenn sich einer Schwelle eine rollende Belastung nähert, so treten laut Coüards Beobachtungen folgende Erscheinungen auf:

1. Wenn das erste Rad 6 m vor der Schwelle ist, so hebt sich diese aus ihrer Ruhestellung.

2. Wenn das erste Rad 3 m vor der Schwelle ist, so erreicht ihre Aufwärtsbewegung den Höhepunkt.

3. Wenn das erste Rad 2 m vor der Schwelle ist, so senkt sich diese unter ihre Ruhestellung und erreicht

4. ihren tiefsten Punkt, wenn das Rad sich über der Schwelle befindet.

Diese Zahlen sind Durchschnittsangaben. Es ist somit festgestellt, dafs die rollende Belastung selbst bei gut erhaltenen Strecken im Oberbau (Schienen und Schwelle zusammen) eine pendelnde Bewegung in senkrechter Richtung erzeugt. Die Folgen sind verschiedene Beschädigungen der Strecke, wie Senkungen, Nachlassen des Kleineisens usw.

Diese Pendelbewegung gepaart mit der walzenden Wirkung der rollenden Belastung erzeugt die Wanderschwellen. Wir haben hier dieselbe Erscheinung wie bei einer arbeitenden Strafsenwalze, wenn die Schotterkörner infolge des starken Druckes herausspringen. Ziehen wir noch aufserdem die Elastizität der Schiene in Betracht, so haben wir alle Ursachen, die eine Wanderschwelle erzeugen.

Wenn wir auf einem in einer horizontalen Ebene liegenden Körper durch einen Hebel, dessen Gelenk in derselben Ebene liegt, einen Druck in senkrechter Richtung ausüben (siehe Abb. 2), so bewegt sich unter gewissen Umständen dieser Körper trotz des senkrechten Druckes horizontal. Die Möglichkeit dieser horizontalen Bewegung hängt aufser von der Gröfse der Kraft noch vom Reibungswiderstand und vom Angriffswinkel ab.

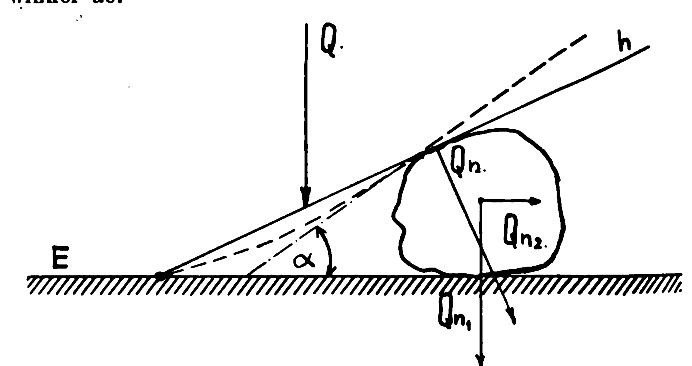


Abb. 2. Wagrechte Verschiebung eines durch Hebel in Anspruch genommenen Körpers.

Die Verschiebung der Schwelle kann nun folgendermafsen erklärt werden.

Das gegen die Schwelle rollende Rad drückt laut Coüard (Punkt 3) die Schwelle aus ihrer Ruhelage nach abwärts; die Einbiegung der Schiene dreht die Schwelle um ihre untere Kante gegen die rollenden Räder und drückt die Schwelle in die Bettung. Infolge dieser Verdrückung entsteht in der lockeren Bettung eine schiefe Böschung, auf welche die walzende Wirkung der Räder die gelockerte Schwelle hinaufdrückt.

Der Winkel dieser entstandenen Böschung ist bei der trapezförmigen Schwelle steiler, als bei der gewöhnlichen und die Folge ist, dafs bei einer trapezförmigen Schwelle eine Verdrückung beinahe immer erfolgt. Es wirkt hier ein Kräftepaar weil der Gegendruck der Bettung nicht in die Richtung der Lastübertragung fällt, und weil die untere Fläche dieser Schwelle breiter ist als die obere (siehe Abb. 3). Je breiter diese untere Fläche ist, um so gröfser ist der entstehende Hebelarm, ebenso das Trägheitsmoment, infolgedessen auch der Winkel, welchen die untere Fläche unter Beeinflussung der Einbiegung aufnimmt. Die Auflagefläche, auf welcher die Schwelle liegt, ist nur in

der Ruhelage eine Fläche, beim Überfahren eines Rades bildet die Unterfläche der Schwelle eine zylindrische Oberfläche.

Die gelockerte Schwelle mufs somit beim Überfahren jedes einzelnen Rades eine ziemlich verwickelte Bewegung ausführen.

Die Bedingungen für das Entstehen der Schwellenwanderung können somit wie folgt zusammengefafst werden:

a) Lockerung der sich verschiebenden Schwelle;
b) Die Befestigungsmittel halten den Schienenfufs nicht fest;
c) Vor der entstehenden Wanderschwelle müssen zwei bis drei Schwellen gelockert sein;
d) ebenso mufs die nach der Wanderschwelle liegende Schwelle locker sein, weil dann die Einbiegung um so gröfser sein kann.

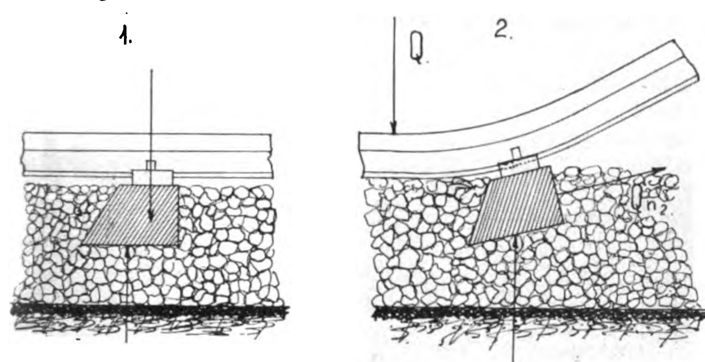


Abb. 3. Trapezförmige Schwelle.
1. in Ruhelage, 2. in Lage 3 von Goüard.

Ein wichtiger Einflufs ist noch die Zuggeschwindigkeit, vielleicht im Verein mit der Bremsung; zahlenmäfsige Angaben über diese Einflüsse können aber noch nicht gemacht werden.

Von der Kraft, welche diese Bewegung hervorruft, brauchen wir die horizontale Komponente, doch ist dieselbe aus den zur Verfügung stehenden Angaben schwer zu bestimmen, weil wir im Vorhinein nicht wissen, welche Schwelle die bekannten Erscheinungen zeigen wird. Unserer Meinung nach ist zur Verdrückung einer Schwelle keine grofse Kraft nötig, denn es ist ja bekannt, dafs das Zurückschlagen einer Schwelle auf ihren Platz für zwei Arbeiter eine geringe Arbeit ist. Das hundertfache dieser Kraft kann ein rollender Zug leicht hervorrufen und dies genügt schon, dafs eine Schwellenwanderung entsteht.

Diese Frage könnte man durch matematische Berechnung auf verschiedene Weise lösen, aber wir kommen leichter zum Ziel, wenn wir durch Messungen und Beobachtungen den Grund einer Erscheinung aufklären. Dieser Weg ist zwar länger, aber der Erfolg sicherer.

Bei beiderseitigen Wanderschwellen ändert sich auch die Schwellenweite und tritt infolgedessen in den Schienen eine schädliche Spannungsvermehrung auf.

Wenn beide Schwellenenden im gleichen Mafse verschoben sind, so entsteht keine Spurverengung, immer aber bei ungleichmäfsiger Verrückung; bei 20 cm Verdrückung kann die Spurverengung schon 9 mm betragen.

Die Folgen solcher Verdrückungen sind nicht nur Spurverengungen, sondern es werden auch die Unterlegplatten, die Nägel und die Schienenschrauben locker, die Schwelle wird beschädigt, die Nagellöcher werden gröfser, mit einem Wort, die Einheit des Bahngeleises ist an dieser Stelle gestört.

Da die notwendigen Ausbesserungen (Schotterung, Stoffersatz, Zurückschlagen der Schwelle u. s. w.) grofse Kosten verursachten, so mufs getrachtet werden, die Entstehung der Schwellenwanderung möglichst zu verhindern.

Die Bewegung der Schwelle ist sehr verschieden und beträgt oft 1 bis 2 cm. Bei beiderseitiger Wanderschwelle kann sie 20 bis 30 cm, sogar 50 cm erreichen. Bei einseitigen Wanderschwellen beträgt die gröfste Bewegung 22 cm (nach Messungen des Verfassers). Dabei entsteht schon eine Verengerung von 14 mm.

Nur durch sorgfältige und gewissenhafte Erhaltung der Gleise kann die Entstehung der Schwellenwanderung verhütet werden. Bei dem heutigen Vorgehen, wo nur stellenweise Ausbesserungen durchgeführt werden und dadurch die Einheit der Strecke gestört wird, werden Wanderschwellen immer entstehen.

Die Schwellenwanderung an sich ist ja nicht gefährlich, kann es aber werden, wenn man sie unbeachtet läfst. Jedenfalls ist eine Wanderschwelle ein Warnungszeichen, dafs die Strecke nicht in Ordnung ist.

Ein schwieriger Umbau: Bahnhof Cannon Street der englischen Südbahn.

Von Geh. Regierungsrat **Wernekke**, Berlin-Zehlendorf.

Die alte englische Südostbahn endigte bis zum Jahre 1864 im Bahnhof London Bridge südlich der Themse; es bedeutete für sie einen grofsen Vorteil gegenüber den anderen Eisenbahnen von Süd-England, dafs sie 1864 ihren Bahnhof Charing Crofs und am 1. September 1866 den Bahnhof Cannon Street, beide auf dem Nordufer der Themse gelegen, in Betrieb nehmen und damit in die City und das Westend eindringen konnte. Die Kosten für diese Neubauten, die zwei Themsebrücken einschlossen, waren allerdings aufserordentlich hoch; sie hatten bei wenig über 4 km Länge den für die damalige Zeit ungeheuren Betrag von 4 Mill. Pfd. Sterl. (über 80 Mill. Mark) ausgemacht. In dem Zustande, in dem er 1865 geschaffen worden ist, ist der Bahnhof Cannon Street bis in die Mitte des Jahres 1926 verblieben, ein Zeichen dafür, dafs seine Erbauer einen weiten Blick gehabt haben. Betreffs der Verkehrsleistung dieses Bahnhofs und ihrer Zunahme in der letzten Zeit sei hier nur erwähnt, dafs an einem 21stündigen Betriebstag im Jahre 1912 1169 Zug- und Lokomotivfahrten den Bahnhof berührten und dafs diese Zahl bis 1925 auf 1500 angewachsen war. Zur Bewältigung dieses Verkehrs standen zehn Bahnsteigkanten mit neun Gleisen auf einer Breite von 62,5 m zur Verfügung; die Bahnsteige waren 264 m lang, einer davon war bis auf die Themsebrücke, die sich unmittelbar an den Bahnhof anschliefst, vorgeschoben. Quer über dieser Brücke stand bis Mitte 1925 auch das Stellwerk Nr. 1, das mit seinen 244 Hebeln lange Zeit für das gröfste der Welt gegolten, jedenfalls immer zu den gröfsten gezählt hat. Dafs ein solcher Bahnhof im Laufe der Jahrzehnte erweiterungsbedürftig werden mufste, ist klar; ebenso klar ist aber, dafs eine Erweiterung zwar technisch möglich war, nach den räumlichen Verhältnissen aber geradezu ausgeschlossen schien, wenn man bedenkt, dafs der Bahnhof auf seiner Kopfseite von der engen Bebauung der Londoner City eingeschlossen wird und auf der Aufsenseite ein Teil seiner Bahnsteige bis auf die Brücke, seine letzten Weichenverbindungen sogar über die Brücke hinüber bis auf das jenseitige Ufer reichen. Wenn also die Leistungsfähigkeit des Bahnhofs Cannon Street erhöht werden sollte, so konnte das nur durch betriebliche Veränderungen und durch einen Umbau innerhalb des gegebenen Rahmens, nicht aber durch Erweiterung der Anlagen geschehen. So ist man denn auch vorgegangen, ehe aber die Neuordnung der Dinge beschrieben wird, mufs noch ein Punkt der Vorgeschichte, die Einführung elektrischer Zugförderung im Londoner Vorortverkehr, berührt werden.

Durch das Eisenbahngesetz von 1921 wurden bekanntlich die bis dahin in zahlreiche Einzelnetze zersplitterten englischen Eisenbahnen, im wesentlichen nach geographischen Gesichts-

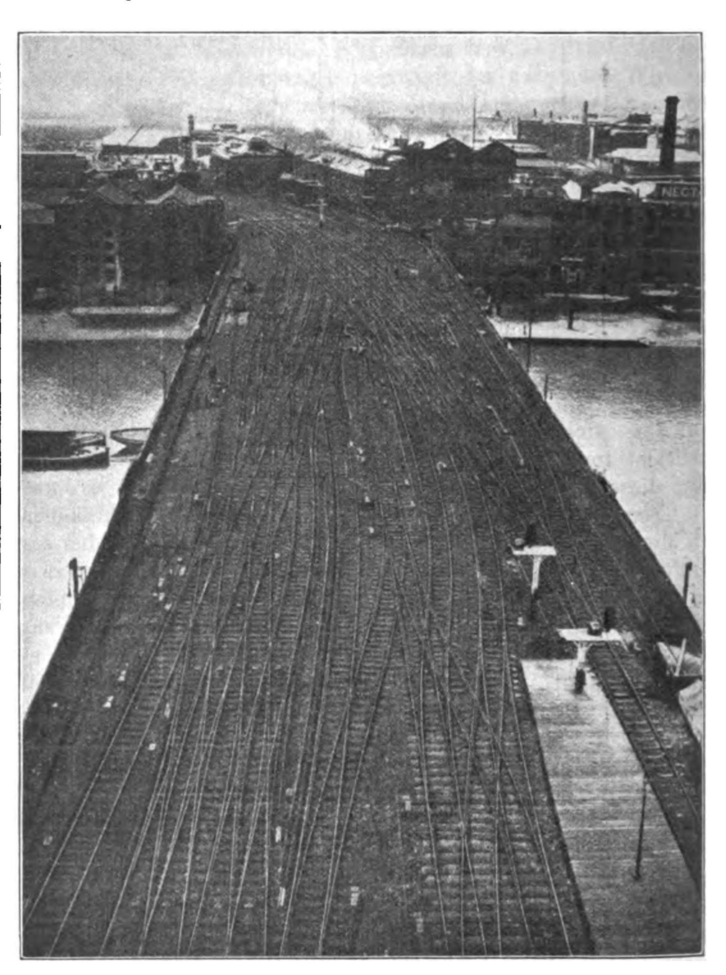
punkten, zu vier grofsen Gruppen zusammengefafst, und der neu gegründeten Südbahn fiel dadurch das Verkehrsgebiet südlich und östlich von London auf dem Südufer der Themse, damit auch dasjenige der ehemaligen Südostbahn zu, die s. Z. den Bahnhof Cannon Street gebaut hatte. In diesem Gebiet ist seit 1909 die Einführung elektrischen Betriebes im Gange, die seitdem stetig weiter ausgedehnt worden ist. Im Juni 1926 sind hier die auf drei verschiedenen Wegen nach Dartford führenden Strecken auf elektrische Zugförderung umgestellt worden, und damit sind die Arbeiten zur Einführung elektrischen Betriebs auf den Vorortstrecken der Südbahn zum Abschlufs gekommen. Die Kosten für das, was bisher hier geschaffen worden ist, haben 160 Mill. Mark betragen. Die Südbahn betreibt jetzt ein Netz von 1042 km Gleislänge elektrisch, was zur Zeit das gröfste zusammenhängende derartige Netz ist. Damit ist u. a. eine der gröfsten englischen Eisenbahnen, diejenige von London nach Greenwich, die im Jahre 1833 zum Bau genehmigt und im Jahre 1837 eröffnet worden ist, zu elektrischem Betrieb übergegangen. Im Zusammenhang mit der Einführung dieser neuen Betriebsform sind auch die Umänderungen auf dem Bahnhof Cannon Street vorgenommen worden.

Obgleich Cannon Street ein Kopfbahnhof ist, haben doch bis 1922 die Züge dort nicht geendigt. Von London Bridge kommend, wendeten sie vielmehr sofort in Cannon Street, um nach Charing Crofs weiterzufahren, und umgekehrt. Dabei mufsten die Züge, z. B. die von Charing Crofs, also von Westen kommenden, auf der Brücke die Hauptgleise kreuzen, um einen mittleren oder östlichen Bahnsteig zu erreichen, von dem sie wieder ausfahren konnten. Diese Betriebsart ist neuerdings aufgegeben worden. Die Strecke London Bridge—Cannon Street wird nur noch von in Cannon Street endigenden Zügen befahren. Reisende, die nach Charing Crofs wollen, müssen in London Bridge umsteigen, oder von Cannon Street mit der Untergrundbahn, die beide Bahnhöfe berührt, weiterfahren, wenn sie es nicht vorziehen, den Omnibus zu benutzen, der ja im Londoner Verkehrswesen eine überragende Rolle spielt. Im Zusammenhang mit dieser veränderten Betriebsart und trotz der dadurch geschaffenen Erleichterungen machte sich ein Umbau der Bahnsteig- und Gleisanlagen nötig, dem aber der Zugverkehr unüberwindliche Schwierigkeiten in den Weg gestellt haben würde, wenn man ihn hätte während des Betriebes vornehmen wollen; man entschlofs sich daher, den Bahnhof Cannon Street während des Umbaus stillzulegen, eine Mafsnahme, die im neuzeitlichen Eisenbahnwesen gewifs ihresgleichen sucht. Um aber den Umbau so schnell wie möglich fertigstellen zu können, wurden alle seine Gleise vorher an anderer Stelle zusammengebaut, um dort aufgehoben und an ihrem endgültigen Ort wieder eingebaut zu werden. Dieses Bauverfahren mag zum Teil damit zusammenhängen, dafs die englischen Eisenbahnen nicht so streng wie z. B. die Deutsche Reichsbahn-Gesellschaft an Regelformen für ihre Weichen festhalten, sondern früher allgemein und vielleicht auch heute noch in gewissen Fällen die Weichen auf einem Schnürboden aufreifsen und danach zusammenbauen. Bei den beengten Verhältnissen des Bahnhofs Charing Crofs wäre es möglicher Weise auch gar nicht gelungen, mit Regelformen durchzukommen.

Als Bauplatz, sozusagen als Schnürboden, für die neue Gleisanlage wurde ein freies Feld in der Nähe des Güterbahnhofs New Crofs Gate, etwa 5 km von Cannon Street entfernt, ausgewählt. Die ganze Anlage, die die vor den Bahnsteigenden liegenden Gleise umfafst, ist etwa 300 m lang; ihre Teile wiegen mehrere 1000 t. Diese Gleisanlagen wurden auf dem Feld bei New Crofs Gate vollständig betriebsfertig zusammengestellt, die Weichenmotoren wurden eingebaut, die Stromschienen wurden neben den Gleisen verlegt, die Schienenverbinder für den Stromübergang wurden angeschlossen, alle Stromkabel für den Zug- und den Signalbetrieb wurden probeweise verlegt. Die Zusammensetzung der einzelnen Gleisabschnitte war darauf zugeschnitten, dafs sie bequem aufgehoben und an der endgültigen Stelle wieder eingebaut werden konnten.

Ehe dies geschah, wurden die Bahnsteige auf dem Bahnhof Cannon Street Schritt für Schritt umgebaut. Einige Tragteile der Themsebrücke, die durch die Neuanlage stärker als bisher beansprucht wurden, mufsten verstärkt werden.

Am Sonnabend, den 5. Juni, nachmittags 3 Uhr, wurde der Bahnhof Cannon Street für den öffentlichen Verkehr geschlossen und der Leitung des Umbaus in vollem Umfang überwiesen. Sie verfügte für ihre Arbeiten über 500 Oberbauarbeiter und 250 andere Arbeitskräfte, die in drei Schichten arbeiteten, über die nötigen Bauzüge, Hebezeuge und über die sonst nötigen Geräte. Von den Arbeitern hatte jeder seinen besonderen Auftrag. Nach einem kurzen Probebetrieb der Neuanlage trat am Montag, den 28. Juni, morgens 4 Uhr, der Betrieb wieder die Herrschaft über den umgebauten Bahnhof an, allerdings zunächst nur mit einem Fahrplan von 62 ein- und ausfahrenden Zügen täglich. In den Mittagstunden wurde der Verkehr der Züge wieder unterbrochen, um die ganze Anlage noch einmal durchzusehen und zu überholen. Diese Störung wird für den Verkehr leicht zu ertragen gewesen sein, denn Cannon Street hat fast nur Geschäftsverkehr der sich in den Morgen- und Abendstunden — rush hours — abspielt; Sonntags, wo also kein Geschäftsverkehr stattfindet, liegt der Bahnhof still.



Blick vom Bahnhof Charing Crofs auf die Themse-Brücke (neuer Zustand).

Zu den Umbauarbeiten gehörte auch der Abbruch der die Gleise überquerenden Stellerei Nr. 1 über der Brücke und der Neubau eines Stellwerks auf dem Nordufer neben den

Gleisen, also etwa in Höhe der Bahnsteigenden, das auch die alte Stellerei Nr. 2 neben der Drehscheibe auf dem Südufer mit ersetzt. An Stelle des Handbetriebs der alten ist bei der neuen Anlage Kraftbetrieb getreten, und die neuen Vorrichtungen nehmen infolgedessen erheblich weniger Platz ein. Die neuen Signale sind Lichtsignale mit vier, stellenweise auch drei Signalbildern. Die neue Anlage enthält 75 Weichen und Kreuzungen gegen 86 der alten.

Die alte Anlage des Bahnhofs Charing Crofs enthielt, wie schon erwähnt, neun Gleise an zehn Bahnsteigkanten. Das eine Gleis war nämlich sozusagen in den einen Bahnsteig eingeschnitten und endigte etwa 100 m vor dem Kopfende der anderen Gleise, um durch diese Anordnung jenseits seines Kopfendes Raum für die in England übliche, bis zwischen die Gleise führende Droschkenanfahrt zu schaffen; dafür reichten die Bahnsteigkanten zwischen diesem verkürzten Gleis und seinen beiden Nachbarn weit über den Kopf der anderen Bahnsteige hinaus auf die Themsebrücke. Die neue Anlage hat nur noch acht Bahnsteigkanten und acht Gleise; während aber bei der alten nur vier Gleise elektrisch befahren werden konnten, sind es nunmehr fünf, und jeder Bahnsteig kann jetzt von jedem Gleis aus erreicht werden; umgekehrt können die Züge von jeder Bahnsteigkante über jedes Gleis ausfahren. Während früher die Gleise für den elektrischen Betrieb in der Mitte lagen, sind sie nunmehr am östlichen Rande angeordnet. Das erwähnte verkürzte Gleis diente nur noch als Notbehelf bei besonders lebhaftem Verkehr; aber auch dann war seine Aufnahmefähigkeit beschränkt, weil am Bahnsteig nur Züge von geringerer als der Regellänge Platz finden konnten; jetzt sind alle Bahnsteige so lang, dafs alle Züge an ihnen halten können.

Ein Mangel der alten Anlagen war auch, dafs sie wenig Raum für leerfahrende Lokomotiven bot; Lokomotiven, die einen in Cannon Street wendenden Zug bei der Ausfahrt übernehmen sollten, mufsten daher häufig auf den Hauptgleisen warten. Die Einführung elektrischen Betriebes hat natürlich in dieser Beziehung gründlich Wandel geschaffen, solange aber in Cannon Street noch Dampfzüge verkehren und solange elektrische Züge von Lokomotiven gezogen werden, hört das Warten von Lokomotiven, um einen ausfahrenden Zug zu übernehmen, nicht auf, wenn auch sein Umfang zurückgegangen ist. Auf diesem Gebiet bedeutet aber die Neuanlage schon eine erhebliche Verbesserung. Die Abbildung zeigt einen Blick von einem erhöhten Punkt des Bahnhofs auf die Gleisentwicklung auf der vor ihm liegenden Brücke.

Von Cannon Street nach London Bridge führen jetzt vier Gleise, die paarweise nebeneinander in der gleichen Richtung befahren werden; von ihnen aus können, wie schon erwähnt, alle Bahnsteiggleise erreicht werden und umgekehrt. Alle diese vier Gleise sind für elektrischen Betrieb ausgestattet, aber auf dem Bahnhof selbst fehlt noch die elektrische Ausrüstung für die drei westlichen Randgleise, die jedoch jederzeit nachgeholt werden kann. In der Richtung nach Charing Crofs führen zwei Gleise, die sich dann aufserhalb des Bahnhofs zu drei Strängen ausbreiten und damit der Gleisanlage entsprechen, die von London Bridge nach Charing Crofs führt. Hier werden jedoch in Zukunft ebenso wie bisher nur einzelne Lokomotiven und Leerzüge verkehren.

Die Umbauarbeiten sind ohne Störung vor sich gegangen; sie wurden zum Teil von den eigenen Kräften der Südbahn, zum Teil von einem Unternehmer ausgeführt. Ein Teil der Weichen ist in bahneigenen Werkstätten gebaut worden, andere sind ebenso wie die Signalanlagen usw. von aufserhalb bezogen worden, und auch hier haben neben den Arbeitskräften der Eisenbahn die Lieferwerke beim Einbau mitgewirkt.

Dynamische Messungen am Eisenbahnoberbau

Zu dem Aufsatz »Dynamische Messungen am Eisenbahnoberbau« in Heft 21 des vorigen Jahrganges erhielt die Schriftleitung folgende Zuschriften:

I. Zu den Ausführungen von Herrn Driessen in Heft 21 des Organs vorigen Jahres möchte ich zunächst all das hervorheben, worin ich mit Herrn Driessen einig gehe. Das ist vor allem die hohe Wertschätzung des überaus einfachen, leichten und handlichen Okhuizen-Mefsgerätes für statische Messungen und die Einschätzung der Geigerschen Vorrichtung mindestens als eines grundlegenden Versuches zu einem Fortschritte der Spannungsmefstechnik auf dynamischem Gebiet. Die geringe Mefslänge des Okhuizen ist zweifellos ein Vorteil der Vorrichtung, soweit es sich um Oberbaumessungen handelt, während man beim Brückenbau etwas gröfsere Mefslängen vorzieht. Die Aufzeichnung des Okhuizen mittels feiner Neusilberspitze auf Indikatorpapier war mir nicht bekannt, da sie bei den Versuchen, denen ich anwohnte, nicht angewendet wurde. Eine solche Aufzeichnung ist zweifellos eine Verbesserung gegenüber der mit Bleistiftspitze. Dafs die Aufzeichnung des Geiger-Apparates mittels Flüssigkeitsreibung noch besser ist, darin gebe ich Herrn Driessen recht. Ich stimme Herrn Driessen auch bei, dafs man daran denken könnte, die Bewegung des Streifens am Okhuizen-Apparat durch ein Uhrwerk zu ersetzen, das gesondert aufgestellt wird. Bisher hatte die Okhuizen-Vorrichtung dieses Uhrwerk nicht. Soferne sich aber aus der getrennten Aufstellung von Mefsvorrichtung und Uhrwerk Vorteile ergeben sollten, stünde es ja wohl auch der Dr. Geigerschen Vorrichtung frei, sich diesen Vorteil anzueignen. Versuche scheinen, soviel mir bekannt, allgemein eine Neigung der Mefsvorrichtungen gezeigt zu haben, bei hohen Schwingungszahlen zuviel zu zeigen und zwar um so mehr, je gröfser die Eigenmasse der Mefsvorrichtung ist. Wie man sich das erklärt, wird vielleicht einmal von einer Stelle, die sich selbst mit den Versuchen befafst hat, eingehend dargelegt werden. Man glaubt, dafs bei hohen Schwingungszahlen infolge der damit verbundenen Beschleunigungen und bei grofsen Apparatenmafsen sowohl in den Teilen der Vorrichtungen selbst, wie auch an den Befestigungsstellen der Körnerspitzen der Vorrichtung Formänderungen entstehen, die die Anzeigen fälschen. Es wäre also recht wohl möglich, dafs man künftig danach streben wird, die Vorrichtungen so leicht wie möglich zu machen und das unvermeidlich schwere Uhrwerk von der eigentlichen Anzeigevorrichtung zu trennen.

Ich gehe auch weiter mit Herrn Driessen einig darin, dafs der »Okhuizen« das Mittel aus vielen Messungen oder wenigstens die ruhenden Spannungen, um die sich die Obertöne lagern, im allgemeinen richtig wiedergibt. Nur in der Einschätzung der technischen Bedeutung dieses Mittels scheinen unsere Ansichten grundsätzlich auseinanderzugehen. Der Ingenieur mufs doch ganz allgemein seine Bauwerke für die höchsten vorkommenden Beanspruchungen berechnen und nicht für die Mittelwerte. Das gilt ganz allgemein im Bauwesen, also auch für den Eisenbahnoberbau. Wenn ich einen Bauteil habe, von dem ich weifs, dafs er z. B. Beanspruchungen von $+ 4000 \text{ kg/cm}^2$ und $- 4000 \text{ kg/cm}^2$ ausgesetzt sein kann und dafs er bei beiden überbeansprucht wird, so darf sich der Ingenieur nicht dabei beruhigen, dafs das Mittel aus $\pm 4000 = \text{Null}$ ist. Tatsächlich geht aber die Mittelwerttheorie, auch auf den Oberbau angewendet, auf eine solche ganz ungerechtfertigte Beruhigung hinaus. Ich glaube allerdings, dafs es in diesem Fall ein Hauptzweck der Messungen sein mufs, die äufsersten Beanspruchungswerte, die einer Berechnung zugrunde zu legen sind, zu ermitteln und nicht nur die Mittelwerte.

Bei geringen Geschwindigkeiten werden zweifellos die dynamischen Oberschwingungen nicht viel ausmachen. Bis zu einer gewissen Grenze können wir uns vermutlich bei den Ergebnissen der ungleich einfacheren Okhuizen-Vorrichtung genügen lassen. Aber bei grofsen Geschwindigkeiten weichen

die statischen und dynamischen Spannungsbilder völlig von einander ab. Eine Vorrichtung, die überhaupt nicht darauf Anspruch macht, dynamisch eingestellt zu sein, wird in solchen Fällen zweifellos ganz unzuverlässig anzeigen. Das wollte ich in meinem Aufsatz Heft 10 des Organs vorigen Jahres augenfällig an Beispielen und Schaubildern nachweisen.

Der von Driessen bemerkte Verbesserungsfaktor 1,4 an einzelnen ausschreitenden Angaben der Dr. Geiger-Vorrichtung rührt nicht von mir her, sondern von Dr. Geiger selbst, der ja, wie Herr Driessen weifs, die Schaubilder von Heft 10 des Organs selbst aufgenommen hat und der sie auch selbst ausgewertet hat. Dafs er hierbei sich genötigt gesehen hat, an einzelnen Werten einen Verbesserungsfaktor anzubringen, ist zweifellos als ein Eingeständnis aufzufassen, dafs Herr Dr. Geiger den Aufschreibungen seiner Vorrichtung an diesen Punkten selbst nicht getraut hat. Er ging bei Festsetzung des Verbesserungsfaktors von dem bekannten Schaubild aus, das ich im Organ 1926, Heft 10, S. 184 wiedergegeben habe und das besagt, dafs der tatsächliche Ausschlag nur dann annähernd richtig wiedergegeben wird, wenn die beobachtete Schwingungszahl etwa bis zu $^1/_4$ der Eigenschwingungszahl des Mefsgerätes beträgt. Im vorliegenden Fall soll aber dieses Verhältnis gegen $^1/_2$ gewesen sein. Dafür ergibt sich bei mangelnder Dämpfung etwa ein Verbesserungsfaktor 1,4. Immerhin haftet diesem Werte 1,4, zumal auf alle ausschreitenden Punkte gleichmäfsig angewendet, bei der Unsicherheit des Verhältnisses, Möglichkeit der Dämpfung usw. etwas Willkürliches an.

Eine Vorrichtung, die überhaupt keinen Versuch macht, auf dem Gebiete einer Aufzeichnung dynamischer Werte zu arbeiten, wird natürlich auf diesem Gebiete auch keine Fehler machen. Einer Vorrichtung aber, die damit, dafs sie sich auf dieses äufserst schwierige und unsichere Gebiet wagt, einen Fortschritt bringt, werden wir zugute halten müssen, wenn sie in manchen Fällen offensichtlich fehlerhaft ist, wenigstens solange wir erst am Beginn von Versuchen dynamischer Aufzeichnungen stehen. Die wissenschaftliche Grundlage, auf der die Geigersche Vorrichtung an dynamische Messungen herantritt, ist jedenfalls eine richtigere als die der Okhuizen-Vorrichtung. Damit möchte ich aber keineswegs Okhuizen nahetreten. Die Okhuizen-Vorrichtung macht ja gar nicht den Anspruch, dynamisch eingestellt zu sein. Wie aus dem inzwischen veröffentlichten Ergebnis des Preisausschreibens der Deutschen Reichsbahn-Gesellschaft hervorgeht, sind wir von der Errungenschaft wirklich allen Ansprüchen genügender Mefsvorrichtungen vielleicht doch noch beträchtlich weiter entfernt, als zu Beginn der Sache geglaubt wurde.

Es scheint mir jetzt schon recht wahrscheinlich, dafs die dynamischen Messungen am Oberbau an Mefsvorrichtungen die allergröfsten Ansprüche stellen werden, vermutlich viel gröfsere, als dies z. B. bei Brücken der Fall ist. Wir haben es augenscheinlich am Oberbau mit ganz ungeheuren Schwingungszahlen zu tun. Ich habe schon in meinem Aufsatz in Heft 10 von einer Annahme bis gegen 20000 Eigenschwingungen in der Minute gesprochen, ich zweifle aber, ob damit die obere Grenze schon erreicht ist. Ing. Schlatter hat kürzlich in der »Gleistechnik« 1926, Heft 15/16 den kühnen Versuch gemacht, die Eigenschwingungen am Oberbau zu rechnen. Er ist auf beiläufig 63000 in der Minute gekommen. Die Rechnungsweise von Schlatter ist offenbar nach verschiedener Richtung angreifbar, jedenfalls läfst sie sich verbessern, aber etwas sicher Richtiges zu geben, ist schwer möglich. Ein Versuch, anders zu rechnen, führte mich auf Werte, die über die 63000 noch weit hinausgingen. Ich habe den Versuch, die Eigenschwingungen an der Eisenbahnschiene zu rechnen, daher vorderhand aufgegeben unter dem Eindruck, dafs man da je nach Annahme alles Mögliche herausrechnen kann, aber ich glaube, dafs wir jetzt schon mit der Möglichkeit uns befassen müssen, dafs man es am Eisenbahnoberbau mit ganz ungeahnt grofsen Schwingungszahlen zu tun hat. Von dieser Eigenschwingungszahl geht aber bekanntlich die Theorie der Mefstechnik dynamischer Beanspruchungen aus. Mechanisch aufzeichnende Mefsvorrichtungen einer für die Verhältnisse am Eisenbahnoberbau genügend hohen Eigenschwingungszahl haben wir eben noch nicht. Wir müssen sie erst zu bekommen suchen.

Was schliefslich den Versuch betrifft, den Herr Driessen mit der Geiger-Vorrichtung gemacht hat und den er am Schlufs in seinen Ausführungen erwähnt, so besteht ja wohl kein Zweifel, dafs hier die Geiger-Vorrichtung Angaben macht, die der Wirklichkeit nicht zu entsprechen scheinen. Es wäre von Bedeutung gewesen, festzustellen, wie sich denn der Okhuizen im gleichen Falle benimmt. Vielleicht hätte er in diesem Falle auf Grund seiner Reibung überhaupt nichts gezeigt. Richtig wäre das natürlich auch nicht. Im übrigen bin ich selbst nicht in der Lage, Versuche zu machen, ich vermute aber, dafs eine mafsgebende Versuchsstelle sich um die Frage annehmen wird. Wir sind ja wohl bei unseren dynamischen Mefsvorrichtungen noch nicht so weit, dafs wir sie ohne weitere Überlegung und ohne besondere schwingungstheoretische Kenntnisse beliebig handwerksmäfsig anwenden können. Was für Eigenschwingungen oder erzwungene Schwingungen bei einem solchen einmaligen harten Stofs, wie ihn Herr Driessen angewendet hat, auftreten, wissen wir nicht. Offenbar liegen sie in der Nähe der Eigenschwingungszahl der Mefsvorrichtung.

Im übrigen begrüfse ich Driessens Ausführungen als einen bedeutungsvollen Beitrag zu jetzt spielenden Versuchen, auf schwierigstem Gebiet der Wahrheit näher zu kommen.

Dr. Heinrich Saller.

II. Zu dem Aufsatz des Herrn Ch. Driessen »Dynamische Messungen am Eisenbahnoberbau« seien nachfolgend einige Bemerkungen gemacht. Es dürfte dies schon aus dem Grunde nahe liegen, weil sich Herr Driessen in diesem Aufsatz im wesentlichen mit dem von mir angegebenen Dehnungsmesser bzw. mit einem Vergleich mit dem von Okhuizen gebauten beschäftigt.

Ich mufs mich zunächst gegen die Abb. 2, Taf. 37 des Aufsatzes von Herrn Driessen wenden. Hier sind sechs Schwingungen gleicher Amplitude untereinander gezeichnet. In der Zeichnung ergibt der Mittelwert dieser sechs Schwingungen 25 %. Wer aber gibt nun Gewähr, dafs dieser Mittelwert auch bei Messungen im Durchschnitt erreicht wird?

Theoretisch sind alle beliebigen Mittelwerte zwischen + 100 % und — 100 %, also auch Werte weit über 25 % möglich, je nach den Phasenwinkeln, unter denen die einzelnen sechs Schwingungen zu einander stehen; ein gegenseitiges Fortfallen aller Überragungen der Mittellinie wird also schon aus rein mathematischen Gründen nicht eintreten, wenn jeder Einzelwert in der Amplitude richtig und lediglich in der Phase falsch wäre. Um wie viel mehr müssen aber Irrtümer eintreten, wenn aufser den Fehlern in der Phase noch Fehler in der Amplitude vorhanden sind, wie sie aus schwingungstheoretischen Gründen ohne weiteres folgen.

Auch aus physikalischen Gründen wird übrigens ein gegenseitiges Aufheben der Fehler unwahrscheinlich sein: Betrachten wir ein einzelnes über einen bestimmten Schienenstofs mit einer gegebenen Geschwindigkeit rollendes Rad. Das Rad wird die anschliefsenden Schienen in Schwingungen und damit in Dehnungsschwankungen versetzen.

Wenn wir den Versuch beliebig oft wiederholen, so ist es klar, dafs z. B. das Eintreten des ersten Dehnungsmaximums immer ein und dieselbe, wenn auch sich sehr kleine Zeit nach Passieren des Schienenstofses erfolgt, und nicht das eine Mal etwa nach $^1/_{100}$ Sekunde und das andere Mal nach $^3/_{100}$. Es wird also der Mittelwert aus einer grofsen Anzahl Messungen immer mit dem entsprechenden Einzelwert einer Messung annähernd übereinstimmen und nicht etwa z. B. nur 25 % im

vorliegenden Falle davon betragen. Der Fehler wird also durch Bilden eines sogenannten Mittelwertes aus vielen Messungen keineswegs aus der Welt geschafft.

Gewifs gibt der Okhuizen dadurch, dafs er auf rasch wechselnde dynamische Spannungen nicht mehr reagiert, einen Mittelwert, aber dieser Mittelwert ist eben im wesentlichen nichts anderes als die statische Beanspruchung; die Höhe der gleichzeitig damit auftretenden dynamischen Spannungen läfst sich leider aus diesem Mittelwert, auch wenn noch so viele und sorgfältige Messungsergebnisse zur Verfügung ständen, nicht entnehmen.

Herr Driessen hebt mit Recht die Einfachheit des Okhuizen-Dehnungsmessers hervor. Der Geiger-Dehnungsmesser ist demgegenüber allerdings in dreifacher Hinsicht verwickelter.

Er besitzt erstens ein Präzisionslaufwerk mit Fliehkraftregler, das so stabil gebaut ist, dafs es auch bei stärksten Erschütterungen eine sehr gleichmäfsige Fortbewegung des Papierbandes bewerkstelligt. Aufserdem gestattet dieses Uhrwerk eine Veränderung der Papiergeschwindigkeit in den sehr weiten Grenzen zwischen 0,2 und 20 m/Min. Würde man ein Uhrwerk mit den gleichen Forderungen beim Okhuizen anwenden, so würde selbstredend seine Einfachheit verloren gehen. Die Möglichkeit, das Uhrwerk getrennt vom eigentlichen Mefsgerät aufzustellen, besteht natürlich bei beiden in Rede stehenden Dehnungsmessern in gleichem Mafse. Ihre Anwendung dürfte sich aber kaum allgemein lohnen, denn zunächst bietet sich auch bei der getrennten Anordnung von Mefsgerät und Uhrwerk z. B. bei Brücken kaum die Möglichkeit, das Uhrwerk an einem wirklich erschütterungsfreien Ort aufzustellen, andererseits ist zu beachten, dafs es zur Überleitung der Drehbewegung mechanischer Mittel (biegsame Welle, Kardangelenke usf.) bedarf, die durch Lose und schlecht kontrollierbare Reibungen unbedingt Unzuverlässigkeit hinsichtlich gleichmäfsigen Ganges mit sich bringen.

Ein zweiter Grund der gröfseren Komplikation des »Geiger« ist die Anwendung je einer elektrischen Zeit — und Laststellungsmarkierung mit Flüssigkeitsschreibern und mit Vorrichtung beliebig viele derartige Apparate elektrisch zusammenschalten zu können.

Ein dritter Grund besteht endlich in der Anwendung des Gitterschreibhebels mit Flüssigkeitsschreibung, der allerdings wesentlich teurer als der einfache Okhuizen-Registrierhebel ist und auch eine Feineinstellung mit Hilfe einer Justierschraube erfordert, wozu noch der bequemen Bedienung wegen ein Handgriff zum plötzlichen Abheben des Schreibhebels kommt. Die in Anwendung gebrachte Komplikation ist aber durch die damit erzielten und von Herrn Driessen hervorgehobenen Vorteile wohl gerechtfertigt.

Ich möchte ferner ausdrücklich darauf aufmerksam machen, dafs der in dem Aufsatz von Dr. Saller angegebene Verbesserungsfaktor 1,4 — oder richtiger $\frac{1}{1,4}$ — keineswegs »willkürlich« gegriffen ist, sondern sich vielmehr folgendermafsen ergibt:

Bei den damaligen Messungen ergab sich experimentell die Eigenfrequenz des an der Schiene befestigten Geiger-Mefsgerätes zu $\sim$ 11500. Bei hoher Geschwindigkeit wechselten gewisse Gröfstausschläge mit einer Frequenz von $\sim$ 6000/Min. d. h. mit etwas mehr als der Hälfte der Eigenfrequenz.

Für diesen Fall ergibt sich aber rein mathematisch ohne Dämpfung eine Verzerrung des wirklichen Ausschlages gegenüber dem gemessenen a_m um 40% entsprechend der Gleichung

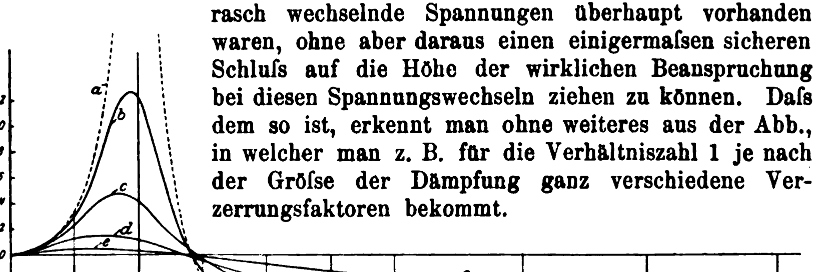
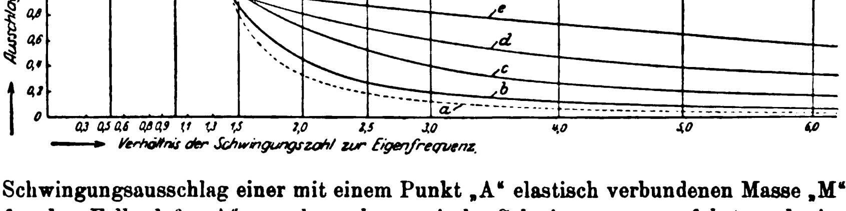
$$a_m = \frac{a_{wirkl.}}{1 - \left(\frac{\omega}{\omega_e}\right)^2}.$$

Die Ableitung dieser Gleichung ist u. a. in meinem Werk »Mechanische Schwingungen und deren Messung« Seite 181 geschildert.

Weiterhin wird man vielleicht einwenden, dafs durch den Einflufs der Dämpfung eine gewisse Veränderung des Ausschlags a_m zu dem Ausschlag $a_{wirkl.}$ eintrete. Dieses Verhältnis habe ich bereits früher eingehend untersucht, wobei sich für den Fall einer sogenannten Relativdämpfung, die bei dem in Rede stehenden Mefsinstrument die Hauptrolle spielt, die in der Abb. dargestellten Verhältnisse ergeben.

Man erkennt daraus, dafs der Fehler in dem Gebiet zwischen der Frequenzzahl 0 und einer der Eigenschwingung gleichkommenden Frequenz um so geringer wird, je stärker die Dämpfung ist. Trotzdem ist aber von diesem günstigen Einflufs bei der Angabe des Verzerrungsfaktors 1,4 kein Gebrauch gemacht worden, weil die Gröfse des Dämpfungsfaktors sich nur schwer genau bestimmen läfst und von verschiedenen, nicht leicht kontrollierbaren Einflüssen abhängig ist.

An Hand der oben genannten Gleichung kennt man ohne weiteres, dafs natürlich dieser Verzerrungsfaktor je nach dem Verhältnis, in dem erzwingende Frequenz und Eigenfrequenz zueinander stehen, verschieden grofs sein wird. Ist diese Verhältniszahl unter 0,25, so kann man von der Anbringung eines Korrekturfaktors überhaupt absehen. Bis zu einem Wert von etwa 0,7 ist dagegen eine Korrektur unbedingt notwendig. Steigt diese Verhältniszahl über 0,7, so besitzen die unter diesen Umständen erhaltenen Mefsresultate keinen quantitativen, sondern nur qualitativen Wert, d. h. man kann lediglich aus den Diagrammen herauslesen, dafs derart rasch wechselnde Spannungen überhaupt vorhanden waren, ohne aber daraus einen einigermafsen sicheren Schlufs auf die Höhe der wirklichen Beanspruchung bei diesen Spannungswechseln ziehen zu können. Dafs dem so ist, erkennt man ohne weiteres aus der Abb., in welcher man z. B. für die Verhältniszahl 1 je nach der Gröfse der Dämpfung ganz verschiedene Verzerrungsfaktoren bekommt.

Schwingungsausschlag einer mit einem Punkt „A" elastisch verbundenen Masse „M" für den Fall, dafs „A" gegebene harmonische Schwingungen ausführt und eine Dämpfung vorhanden ist, welche proportional dem Relativausschlag zwischen der Masse „M" und dem Punkt „A" ist:

a) bei Dämpfung = o.
b) „ 1/4 der aperiodischen Dämpfung.
c) „ 1/2 „ „ „
d) „ der aperiodischen Dämpfung.
e) „ 2mal der aperiodischen Dämpfung.

Ich komme nun zu dem von Herrn Driessen durchgeführten Schlagversuch und kann mich hierbei ebenfalls wieder auf die zuvor erwähnte Gleichung bzw. Abb. zur weiteren Erläuterung beziehen.

Die Eigenfrequenz einer unbelasteten Schiene liegt nach Überschlagsrechnung in der Gegend von etwa 60000 pro Minute. Denselben Wert fand unter anderem auch Schlatter in der »Gleistechnik«. Aus der Gleichung bzw. Abb. erhellt

nun ohne weiteres, dafs eine Masse m, deren Eigenfrequenz bei 11500 pro Minute liegt, auf Schwingungen des Punktes A von einer Frequenz von 60000 pro Minute unmöglich mehr anspricht. Die Ausschläge der Masse m d. h. im Falle unseres Mefsgerätes des Zeigers werden vielmehr verschwindend klein. Zu beachten ist natürlich, dafs durch den Kramphammerschlag nicht nur die Schienen, sondern auch der Apparat selbst in Eigenschwingungen versetzt wurde. Das was der Apparat aufgezeichnet hat, sind daher vermutlich lediglich Eigenschwingungen des Mefsgerätes und nicht Spannungswechsel der Schienen. Man kann also aus diesem Diagramm nicht eine Beanspruchung der Schienen ausrechnen. Wie wir an Hand der Abb. erkennen, reicht eben der Mefsbereich jedes Dehnungsmefsgerätes von einer Schwingungszahl 0 bis zu etwa der Hälfte der Eigenfrequenz.

Der Leser wird nun natürlich fragen, ob es nicht möglich ist, diese Eigenfrequenz wesentlich höher zu rücken. Dazu ist zu bemerken, dafs die Eigenfrequenz bei dem Herrn Driessen von mir geliehenen Apparat deswegen verhältnismäfsig niedrig lag, weil dieser Apparat von vornherein gar nicht als Spannungsmesser gebaut war. Derselbe ist vielmehr als sogenannter Universalapparat gebaut, soll normalerweise als Torsiograph bzw. als Vibrograph dienen und wurde erst nachträglich durch Umbau einiger Teile als Spannungsmesser ausgebaut. Bei einem speziell als Spannungsmesser gebauten Apparat bin ich dagegen zu einer rechnerischen Eigenfrequenz von 40000 pro Minute gelangt.

Ich halte es für ziemlich wahrscheinlich, dafs wir in der weiteren Entwicklung, an deren Anfang wir ja erst stehen, auf höhere Eigenfrequenzen kommen und vielleicht noch Spannungswechsel bis zu etwa 400 pro Sekunde mit mechanischen Mitteln registrieren können. Für noch höhere Frequenzen dürfte allerdings die optische Methode am Platze sein. Man kann jedoch auf Grund der bisherigen Erwägungen schliefsen, dafs die bei Brücken im wesentlichen vorkommenden Frequenzen sich im allgemeinen in der Höhe zwischen 1000 und 6000 pro Minute halten werden. Ich möchte zur Erhärtung dieses Schlusses auf den Umstand aufmerksam machen, dafs das Geräusch, das wir wahrnehmen, wenn ein Zug über eine Brücke fährt, sich im grofsen ganzen mehr aus dumpferen Geräuschen zusammensetzt und nicht etwa einem schrillen Pfeifen ähnelt, wie wir es erwarten müfsten, wenn die wirklich auftretenden Spannungswechsel etwa in der Gegend von 1000 pro Sekunde liegen würden.

Aus dem vorstehenden dürfte erhellen, dafs wir vorläufig noch bei dem Gebrauch von Spannungsmessern etwas vorsichtig sein müssen und insbesondere, dafs wir in jedem einzelnen Falle uns über die Lage der Eigenfrequenz des Mefsgerätes an Ort und Stelle ein Urteil verschaffen müssen, wie ich das immer empfohlen habe.

Wenn der Geiger-Spannungsmesser vor andern bisher benützten, abgesehen von praktischen Vorteilen (Tintenregistrierung, Lichtpausfähigkeit, unmittelbare Beobachtung der Entstehung des Diagramms usf.) noch einen besonderen Vorzug besitzt, so ist es der, dafs sich seine Eigenfrequenz höher legen läfst als bei den andern bisher bekannten Mefsapparaten.

Ich hoffe im vorstehenden etwas zur Klärung der Frage dynamischer Spannungsmessungen beigetragen zu haben. Es ist selbstverständlich, dafs in einem so schwierigen und neuartigen Gebiet wie dem der dynamischen Untersuchungen die Meinung der Beteiligten, die dazu noch aus ganz verschiedenen Disziplinen stammen, zur Zeit noch auseinander gehen. Ich glaube aber, dafs wir am besten dadurch vorwärts kommen, dafs wir uns zunächst über die dynamische Theorie der Mefsgeräte vollständig klar werden. Dr. Ing. Geiger.

Berichte.

Lokomotiven und Wagen.

Neuere Ergebnisse aus den Versuchen des Eisenbahn-Zentralamtes mit Dampflokomotiven.

Seit mehr als 20 Jahren sind die Strahlschen Formeln und Zahlen über den Betrieb und die Wirtschaftlichkeit von Lokomotiven in der wissenschaftlichen Literatur mafsgebend. Strahl stellt für die Dampfleistung des Kessels und für die Änderung der Leistung mit der Geschwindigkeit allgemein gültigen Beziehungen auf und seine Angaben über den spezifischen Dampfverbrauch bewegen sich in sehr engen Grenzen. Professor Nordmann vom Eisenbahn-Zentralamt Berlin kommt nun, auf Grund zahlreicher Versuche zu dem Ergebnis, dafs eine solche Allgemeingültigkeit in Wirklichkeit nicht bestehe.

Die erreichbare Heizflächenbelastung. Strahl bezieht die Dampfleistung des Kessels auf die Rostfläche und setzt als erste Grundlage den Durchschnittswert der erreichbaren Dampfleistung bei Nafsdampflokomotiven auf 3500 kg/m² und h fest, ohne die Heizfläche zu berücksichtigen. Erst im weiteren Rechnungsverlauf bezieht er die Heizfläche in die Leistungsformel ein. Wenn jedoch das Verhältnis wasserberührte Heizfläche : Rostfläche $\leq$ 56 ist, soll die spezifische Dampfleistung mit 63 kg/m² und h gleich bleiben. — Die Versuche wurden an verschiedenen Lokomotivtypen bei Beharrungszustand vorgenommen. Da R : H bei sämtlichen Versuchslokomotiven $\leq$ 56 ist, so müfste nach Strahl die Dampfleistung immer 63 kg sein. Die Versuchswerte liegen zwar zum grofsen Teil über 63 kg oder 60 kg, sie sind aber unter Anwendung des Vorwärmers erreicht. Die Gründe für die grofse Verschiedenheit in der Heizflächenleistung sind jedenfalls zu einem Teil in den verschiedenen Kessellängen, der Verschiedenheit der Verdampfungsoberflächen und des Verhältnisses der Überhitzungsfläche zur Verdampfungsfläche zu suchen. Auf keinen Fall läfst sich ein allgemein gültiger Wert für alle Lokomotivtypen angeben. Er mufs für jede Type durch Versuch bestimmt werden. Ferner ergaben die Versuche, dafs die höchsten Dampfleistungen bei verhältnismäfsig niedrigen Radumdrehungen (durchschnittlich $n = 1{,}5$ in d. Sek.) erreicht werden.

Dampfverbrauch für die Leistungseinheit (PSh). In seinen ersten Abhandlungen setzt Strahl für den Dampfverbrauch für die indizierte Leistungseinheit allgemein 6,5 bis 7,0 kg für Heifsdampf-Zwilling, bzw. 6,0 kg für Heifsdampf-Verbund. In späteren Abhandlungen gibt Strahl für verschiedene Lokomotivtypen verschiedene Verbrauchszahlen an. — Vom Eisenbahn-Zentralamt wurde der effektive Dampfverbrauch am Zughaken gemessen und mittels des Gesamtwirkungsgrades auf den indizierten Dampfverbrauch geschlossen. Der Vergleich der beiden Werte zeigt, dafs die Werte Strahls durchschnittlich etwas niedriger, also günstiger angenommen sind. Die Abweichung der Strahlschen Werte liegt schon in der unzutreffenden Annahme, dafs die Dehnungslinie nach der Beziehung $p : v = \text{const.}$ vor sich gehe, statt nach der polytechnischen Form. Es hat sich ferner gezeigt, dafs der günstigste Dampfverbrauch nicht, wie früher angenommen wurde, bei 25 bis 30% Füllung auftritt, sondern erst bei 35 bis 40%. Im voraus ist es nicht möglich den kleinsten Wert des indizierten Dampfverbrauches festzustellen. Jede Lokomotive hat ihre eigenen Verbrauchszahlen, die nur auf dem Versuchsweg ermittelt werden können.

Leistungscharakteristik. Bei einer die jeweilige Höchstleistung der Lokomotive in Abhängigkeit von der Geschwindigkeit darstellenden Kurve („Leistungscharakteristik") zeigt sich im höchsten Punkt die der absoluten Höchstleistung der Lokomotive entsprechende Geschwindigkeit. Die Strahlsche Leistungsformel bezieht sich auf die relative Lage solcher Kurven. Bringt man daher durch entsprechende Umrechnung des Mafsstabes die Kurven auf denselben Scheitel, so müfsten sich die Kurven für die einzelnen Lokomotivtypen decken. Es zeigt sich aber, dafs die Leistungen bis zu

6% höher liegen. — Ganz unhaltbar erscheint die letzte Annahme Strahls, die Kurve gleich einer Geraden zu setzen, wie man überhaupt nicht von einem universellen Charakter der Leistungscharakteristik sprechen kann. Jede Lokomotivgattung hat ihre eigene Leistungscharakteristik.

Nordmann kommt zu dem Schlufs, dafs man die Formeln und Zahlen Strahls, so sehr seine Leistung anzuerkennen ist, nicht als Ausgangspunkt für Berechnungen verwenden darf, weil seine Angaben vielfach auf unzureichende Versuche gegründet sind. Jede Lokomotivgattung besitzt ihre Eigenart in betrieblicher und wirtschaftlicher Beziehung. Das genaue wirtschaftliche und betriebliche Verhalten kann nur auf dem Versuchsweg ermittelt werden. Vg.

(Glasers Annalen Bd. 99, Heft 10.)

Neue Fragen für den amerikanischen Lokomotivbau.

Die 44. Tagung der Betriebsingenieure der nordamerikanischen Eisenbahnen, die vor kurzem in Chicago abgehalten wurde, befafste sich auch mit einigen Punkten, die für den amerikanischen Lokomotivbau z. Z. von Bedeutung sind. Die Versammlung war sich darüber einig, dafs weitere Leistungssteigerungen in der Hauptsache nur noch durch Verbesserung des Lokomotiv-Wirkungsgrades und durch Vergröfserung der Achsenzahl erreicht werden könnten, dafs dagegen die Achsdrücke keine Erhöhung mehr zuliefsen. Eine Vergröfserung der Lokomotivleistung auf den angegebenen Wegen werde aber sehr schwierig sein, da schon jetzt einzelne Teile nicht mehr befriedigten.

Bei den Kesseln machen die immer gröfser, insbesondere länger werdenden Feuerbüchsen mit Verbrennungskammern Schwierigkeiten, da selbst die beweglichen Stehbolzen der bisherigen Bauart den Ausdehnungen nicht mehr folgen können und brechen Man denkt daher an Stehbolzen, die beiderseits beweglich sind. Bei der Rauchkammer will man den vielen Undichtheiten zu Leibe gehen und insbesondere auch den Gegendruck durch Einbau von Schornsteinen gröfserer Weite mit tiefliegendem Blasrohr verringern.

Die Rahmen der älteren Lokomotiven sind fast durchweg zu schwach und brechen daher häufig. Soweit es noch wirtschaftlich ist, will man in diese Lokomotiven bei gröfseren Ausbesserungsarbeiten neue Rahmen einbauen. Nötig wäre eine bessere Durchrechnung der Rahmenentwürfe auf Grund der Beanspruchungen des Betriebes; es fehlt aber vorläufig noch eine geeignete Mafsvorrichtung für diese.

Viel ist noch zu tun zur Verringerung des Gewichtes der hin- und hergehenden Massen und zum besseren Ausgleich derselben. Vielfach könnte man hier noch 25 bis 50% des Gewichtes sparen, wenn Triebwerk und Steuerung besser durchgebildet würden. Zum besseren Ausgleich beginnt man neuerdings auch die gegenüberliegenden Räder heranzuziehen und neuere Lokomotiven zeigen auch im Gegensatz zu bisher wesentlich bessere Laufeigenschaften.

Grofse Schwierigkeiten macht auch die Durchbildung der Triebachslager. Die bisher üblichen Lager sind den grofsen Zylinderkräften nicht mehr gewachsen. Man will hier mit Ringschmierlagern, gegebenenfalls mit Prefsölschmierung Abhilfe schaffen. Auch den Drehgestellen, die häufig zum Warmlaufen neigen, soll künftig mehr Aufmerksamkeit geschenkt werden.

Schliefslich wird noch eine Verbesserung der Sandstreuer verlangt, um die grofsen Zylinderzugkräfte auch unter allen Umständen ausnützen zu können. Auf den neueren, grofsen Lokomotiven sollen schon $3^1/_2$ t Sand mitgeführt werden.

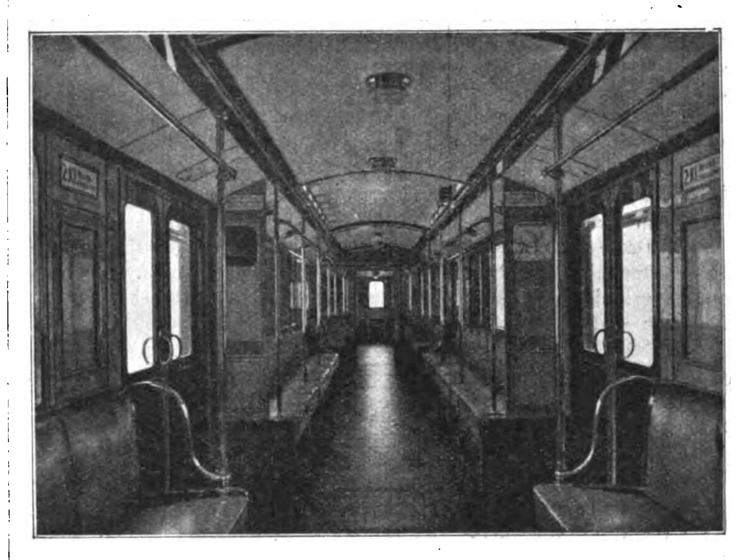
Wie man sieht, machen sich die Amerikaner der Not gehorchend neuerdings viele Gedanken zu eigen, die bei uns schon länger in die Tat umgesetzt worden sind, weil hier schon bisher beim Entwurf einer Lokomotive meist sehr viel Rücksicht auf die zur Verfügung stehenden Achsdrücke genommen werden mufste, während man sich in Amerika in dieser Beziehung bisher weniger Gedanken machte.

(Railw. Age 1926, 2. Halbj., Nr. 12.) R. D.

Neue Wagen der Nord-Südbahn Berlin.

Auf der Nord-Südlinie der Berliner Hoch- und Untergrundbahnen wurde kürzlich ein von der Firma Orenstein und Koppel gebauter Probezug mit neuen Wagen in Betrieb genommen, bei denen eine wesentliche Erhöhung des Fassungsvermögens auf die Längen- und Gewichtseinheit erreicht wurde. Während die alten Wagen der Hochbahngesellschaft bei 12,1 m Länge und 2,26 m Breite einen Fassungsraum für 30 Sitz- und 56 Stehplätze haben, hatten die ersten Wagen der Nord-Südlinie unter Ausnutzung des Lichtraums bei einer Breite von 2,65 m und einer Länge von 12,9 m einen Fassungsraum von 34 Sitz- und 85 Stehplätzen, und bei den neuen Wagen von 18 m Länge und 2,65 m Breite ist dieser auf 50 Sitz- und 114 Stehplätze gesteigert. Im Spitzenverkehr können die Wagen bis zu 250 Personen aufnehmen. Das Eigengewicht eines Triebwagens beträgt 39 t, das eines Beiwagens 27,5 t. Ein Wagenzug besteht aus zwei Trieb- und zwei Beiwagen. Jeder Triebwagen ist mit vier selbstlüftenden Wendepolmotoren von 110 kW Leistung ausgerüstet, deren Steuerung mit Hilfe von unter dem Wagenkasten angeordneten Schützen erfolgt.

Das Wagengerippe besteht aus Eisen, die Seitenwände sind als tragende Konstruktion ausgebildet. Das Dach hat Lüftungsaufbau, an den Türen ist es aber in Tonnenform ausgebildet. Diese Dachform wird zum ersten Mal erprobt. Gerade über den Türen bietet das Tonnendach eine gröfsere Querversteifung, während für den übrigen Wagenteil der Vorzug guter Ventilation des Lüftungsaufbaus erhalten bleibt. Bei anderen Probezügen wird man auch das reine Tonnendach erproben, das für leichte Herstellung und Unterhaltung Vorteile bietet und für gleich gute Lüftung des Wagens Luftsauger erhält. Zu weiterer Belüftung des Wagens sind an jeder Wagenseite sechs Fenster herablafsbar eingerichtet und mit Ausgleichsvorrichtung versehen, so dafs sie vom Publikum leicht geöffnet und geschlossen werden können.



Neuer 18 m-Wagen der Nord-Südbahn Berlin, erbaut von Orenstein & Koppel A.-G., Werk Spandau.

An jeder Wagenlängsseite sind zwei doppelflügelige Türen vorgesehen — andere Probezüge werden auch vier Türen erhalten —, die mit einer selbsttätigen Türschliefsvorrichtung ausgestattet sind, was für Berlin eine Neuerung darstellt. Sämtliche Türen des Zuges werden vom Führerstand aus durch den Zugführer mittels Druckluft geschlossen. Durch eine Kontrollampe, die im Führerraum angeordnet ist, kann der Führer erkennen, ob sämtliche Türen geschlossen sind. An jeder Tür befindet sich ein Druckluftzylinder, dessen Ventil elektrisch gesteuert wird. Die Einrichtung ist mit einer roten Lampe verbunden, welche kurz vor dem selbsttätigen Schliefsen aufleuchtet, um so den Fahrgästen das unmittelbar bevorstehende Schliefsen der Türen anzuzeigen. Ein Verletzung durch Einklemmen ist ausgeschlossen, weil die Türkanten mit hohlen Gummileisten versehen sind und der Druck nur gering ist. Schlösser besitzen die Türen nicht, Erst kurz vor dem Halten des Zuges wird die Druckluft abgestellt und die Fahrgäste öffnen sich selbst die Türen. In Notfällen kann die Druckluft einzelner Wagen auch durch plombierte Lufthähne, die sich aufsen und innen an jedem Wagen befinden, abgelassen werden. Diese Einrichtung entspricht der bei der Pariser Untergrundbahn im Gebrauch befindlichen. Es wird aber auch eine Anordnung der Knorrbremse A.-G. und eine amerikanische erprobt werden. Mit steigendem Verkehr wird das Schliefsen der Türen von Hand immer schwieriger, um so mehr als ständig nach Beschleunigung des Verkehrs gestrebt wird.

Die Beleuchtung der Wagen weicht von der bisher üblichen ab, indem einerseits die grofsen Lichtstellen über den ganzen Wagen

an der Decke und den Sitzen verteilt sind, andererseits das Licht jeder Glühlampe durch einen hinter ihr angebrachten Hohlspiegel erst gesammelt wird und dann durch eine matte, zerstreuend wirkende Schale nach aufsen tritt, so dafs ohne jede Blendwirkung eine gleichmäfsige, angenehme Beleuchtung erzielt wird. So ist von jedem Sitz und Standort ein angenehmes Lesen möglich. Auf eine freundliche und gefällige Innenausstattung wurde ganz besonders Wert gelegt. Anstelle der bisherigen etwas nüchtern wirkenden Wandverkleidung aus Eichenholz hat man eine solche aus geflammter Birke mit Mahagonisockel und Mahagoni für das Leistenwerk gewählt. In Übereinstimmung hierzu ist grünes Kunstleder für die Sitze in der 2. Wagenklasse genommen. Die Sitze sind wie auch sonst bei den Wagen der Berliner Hoch- und Untergrundbahnen als Längssitze angeordnet (siehe Abb.).

Als Bremse ist bei dem Probezug die Einkammer-Druckluftbremse Knorr, Patent Lambertsen, zur Anwendung gelangt, die eine äufserst feine Abstufung der Fahrgeschwindigkeit während der Bremsperiode gestattet. Die Kupplung der Wagen erfolgt selbsttätig nach der Bauart Scharfenberg, bei der auch die beiden Bremsluftleitungen mitgekuppelt werden. Es ist beabsichtigt, in Zukunft auch die elektrischen Verbindungen zwischen den Wagen in die Kupplung miteinzubauen.

Przygode.

Verschiedenes.

Die Studiengesellschaft für Rangiertechnik*).

Im Herbst 1926 gründete der Generaldirektor der Deutschen Reichsbahn-Gesellschaft auf Anregung aus Industriekreisen die „Studiengesellschaft für Rangiertechnik“. Sie setzt sich aus je fünf Vertretern der Deutschen Reichsbahn, der Eisenbahnwissenschaft und der einschlägigen Industrie zusammen. Ihre Aufgabe ist die Erforschung aller Fragen, die die Erhöhung der Leistungsfähigkeit der Rangierbahnhöfe betreffen, also die Förderung der Rationalisierung des Verschiebedienstes.

Die Rangiertechnik ist nicht nur ein lohnendes Arbeitsfeld für die Industrie, nicht nur ein interessantes Studiengebiet für Männer der Wissenschaft, sondern vor allem ein Glied der modernen wissenschaftlichen Betriebsführung, das zu einer ungeahnten Leistungssteigerung unserer Verschiebebahnhöfe und somit zu einer völligen Umgestaltung der Verteilung der Rangieraufgaben führen kann.

Im März hat die erste Tagung der Studiengesellschaft nach ihrer Gründung in Essen stattgefunden.

Am Vormittag des 11. März fand die Mitgliederversammlung statt. Das reichhaltige Arbeitsprogramm der Studiengesellschaft für Rangiertechnik wurde beraten und festgelegt. Sieben Sonderausschüsse sind gegründet worden, um das umfangreiche Arbeitsgebiet zu bewältigen und mit der erforderlichen Gründlichkeit zu erfassen.

Die Studiengesellschaft hat es bei dieser Gelegenheit für tunlich gehalten, sich an die Öffentlichkeit zu stellen, um sich mit ihren Bestrebungen bekannt zu machen. Als Auftakt wurde eine Besichtigung des Verschiebebahnhofs Hamm veranstaltet.

Der neue Ablaufberg mit seinen vier Gleisbremsen System Thyssenhütte und das automatische Ablaufstellwerk der A. E. G. riefen die Bewunderung der Besucher hervor.

Nach der Rückkehr von Hamm fand im Kaiserhof in Essen vor geladenen Gästen ein Vortragsabend statt.

Zunächst sprach Herr Professor Dr. Blum über die Ziele und Zwecke der Studiengesellschaft für Rangiertechnik.

Das Ziel der Studiengesellschaft für Rangiertechnik sei, im engsten Zusammenarbeiten zwischen den drei Gruppen Reichsbahn, Wissenschaft und Industrie alle Fragen zu klären, welche für den gesamten Rangierbetrieb und seine Auswirkungen mafsgebend sind. Also zunächst die Gesamtanordnung der Bahnhöfe, die Durchbildung der einzelnen Gleisgruppen, sodann das Problem des Ablaufbetriebes, die möglichste Ausschaltung von Lokomotiven, Beschränkung in der Zahl der bedienenden Menschen, Beschränkung des Rangiergeschäftes, Erhöhung der Sicherheit durch sorgfältigste Regelung der Geschwindigkeit. Dadurch werde auch die Zugbildung auf das günstigste beeinflufst, man könne in gröfserem Umfange als bisher Ferngüterzüge bilden und die Folge sei eine Verbilligung und Beschleunigung des Verkehrs. Zusammenfassend sei also das Ziel der Studiengesellschaft: Die deutsche Volkswirtschaft zu unterstützen, indem der Güterverkehr so glatt und so billig bedient würde, wie möglich, die Leistungsfähigkeit des Eisenbahnnetzes zu steigern, ohne dafs grofse Aufwendungen für neue Bahnhöfe oder den mehrgleisigen Ausbau der Strecken erforderlich werden, und aufserdem der deutschen Industrie den Absatz im Auslande zu erschliefsen; denn Anlagen, die sich bei uns trefflich bewähren, werden auch vom Auslande anerkannt und dort eingeführt.

Nach Herrn Professor Dr. Blum sprach der Direktor bei der Reichsbahn, Herr Masur-Essen über die Rationalisierung der Verschiebebahnhöfe im Bezirk Essen. Der Vortragende gliederte das Thema in die Rationalisierung der Rangieraufgaben und die des Rangierdienstes. Die Rationalisierung der Rangieraufgaben bezwecke, durch passende Mafsnahmen wie Zugbildung, Leitungsvorschriften, Fahrpläne usw., die Zahl der Rangierungen zu vermindern, die verminderte Zahl auf wenigen Bahnhöfen zusammenzufassen und andere stillzulegen. Rationalisierung des Rangierdienstes bezwecke, die Rangieraufgaben der einzelnen Bahnhöfe sicher, pünktlich und wirtschaftlich zu erledigen. Das Ziel des neuen Verfahrens der zielbewufsten Zugbildung wäre, möglichst auf denjenigen Bahnhöfen, wo die Frachten aufkommen, geschlossene Züge nach den Bestimmungsbahnhöfen der Wagen oder zum mindesten auf möglichst weite Entfernungen zu bilden. Als Erfolg sei zu buchen, dafs bereits eine grofse Zahl von Ablaufbergen stillgelegt werden konnte.

Der Vortragende schilderte weiter, wie durch wissenschaftliche Erforschungen der Betriebs- und Arbeitsvorgänge, durch sorgfältige Aufstellung der Diensteinteilungen, durch Überwachung des Verbrauchs an Rangiermaschinen eine Herabminderung des Aufwandes bei gleichzeitiger Steigerung der Leistungen erzielt werden konnte. Alles in allem bezifferten sich die wirtschaftlichen Erfolge auf viele Millionen, während die früher üblichen und fast zur Gewohnheit gewordenen Betriebsstörungen, Stockungen und Streckensperrungen nunmehr völlig ausblieben.

Zum Schlufs machte Herr Eisenbahndirektor Simon Thomas, Utrecht, interessante Ausführungen über die Herabminderung der Rangierkosten. Zur Herabminderung der Rangierkosten ständen hauptsächlich zwei Wege offen: „Weniger rangieren“ und, wo rangiert werden müsse, „wirtschaftlicher arbeiten“; das erste hänge eng mit der Zugbildung zusammen, das zweite neige mehr nach der Richtung der Rangiertechnik. Die Rangierausgaben könnten z. B. bedeutend herabgemindert werden durch Anwendung der zweckmäfsigsten Rangierlokomotiven.

Die Bremsfrage bei Ablaufanlagen sei brennend. Die Thyssenbremse sei die einzige gewichtsautomatische. Bei der Einfachheit ihrer heutigen Konstruktion halte er diese Bremse für die beste Lösung der jetzigen Zeit.

Auf dem Gebiet der automatischen Ablaufstellwerke lägen zur Zeit drei Systeme vor: das System Professor Descubes in Blainville und in Metz-Sablon, das etwas ähnliche System von Siemens & Halske in Herne und das System der A. E. G. in Hamm. Insoweit er diese Systeme jetzt schon beurteilen könne, glaube er nicht, dafs man mit den beiden erstgenannten Systemen eine so hohe Leistung hervorbringen könne wie in Hamm bei dem A. E. G.-System erzielt werde. Nach der Meinung des Vortragenden ist das Wertvollste, was man mit solchen mechanisierten Ablaufanlagen erreichen kann, die unbedingte Betriebssicherheit der Zerlegung. Man müsse die Eisenbahnen ebenso wissenschaftlich betreiben wie der Industrielle seine Werkstätten. Die wissenschaftliche Betriebsführung müsse aber bei der Zugbildung anfangen, und hier könnten nur systematische Untersuchungen Auskunft erteilen.

Die Tagung der Studiengesellschaft verlief unter dem Zeichen grofser Arbeitsfreude und war ein schöner Beweis dafür, dafs die Deutsche Reichsbahn mit Energie die Rationalisierung ihres Rangierdienstes in Verbindung mit der Wissenschaft und Industrie betreibt.

G.

*) Vergl. Seite 56.

Für die Schriftleitung verantwortlich: Reichsbahnoberrat Dr. Ing. H. Uebelacker in Nürnberg. — C. W. Kreidel's Verlag in München.
Druck von Carl Ritter, G. m. b. H. in Wiesbaden.

1927
82. Jahrgang.

Heft 9
15. Mai

ORGAN
FÜR DIE FORTSCHRITTE DES EISENBAHNWESENS

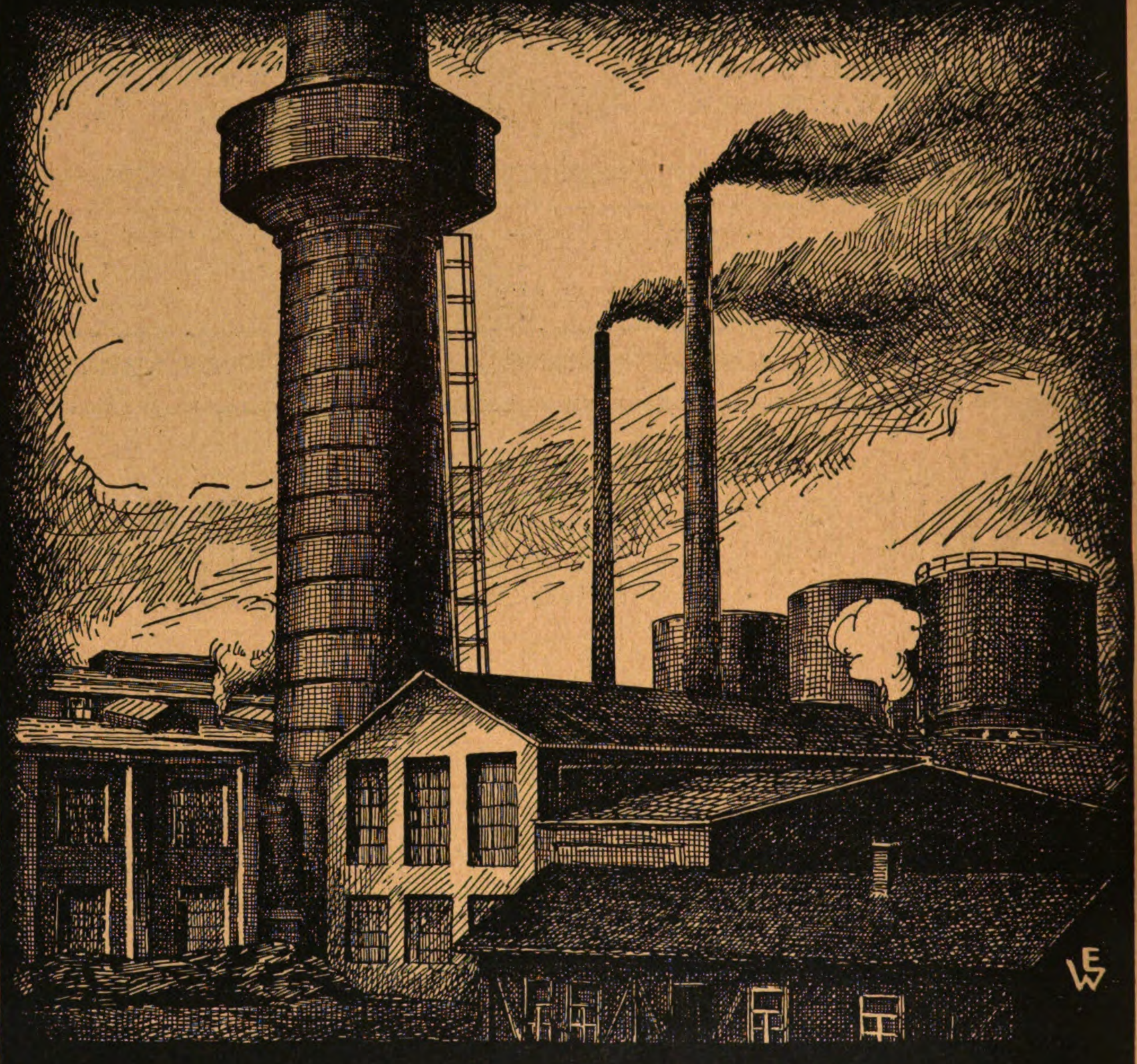
TECHNISCHES FACHBLATT DES VEREINS DEUTSCHER EISENBAHNVERWALTUNGEN



HERAUSGEGEBEN VON Dr. ING. H. UEBELACKER
C. W. KREIDEL'S VERLAG · MÜNCHEN

Inhalt:

Die Donaubrücke bei Mariaort. Weidmann. 157. — Taf. 18 bis 21
Die Ermittlung der Zugförderkosten der Güterzüge als Unterlage für die Wahl der Leitungswege. Dr. Ing. A Baumann. 164.
Aus der Geschichte des amerikanischen Lokomotivbaues. Wernekke. 170.
Werkstattswirtschaft der Deutschen Reichsbahn-Gesellschaft. 175.
Personenwagen der französischen Südbahn aus Stahl. 175 — Taf. 22.
Ein neuer dieselelektrischer Triebwagen. 176.



Organ für die Fortschritte des Eisenbahnwesens

Technisches Fachblatt des Vereins Deutscher Eisenbahn-Verwaltungen

Schriftleitung: **Dr. Ing. H. Uebelacker, Nürnberg,** unter Mitwirkung von **Dr. Ing. A. E. Bloss, Dresden.**

82. Jahrgang | **15. Mai 1927** | **Heft 9**

Die Donaubrücke bei Mariaort.

Von Reichsbahnoberrat **Weidmann**, München.

Hierzu Tafel 18 bis 21.

I.

Mit drei Öffnungen wird neben der auf dem linken Ufer gelegenen Wallfahrtskirche Mariaort die Donau auf zwei getrennt nebeneinander liegenden, eingleisigen Brückenüberbauten mit gemeinsamen Widerlagern und Pfeilern von der Bahnstrecke Regensburg—Nürnberg überquert. Die eisernen Überbauten der Brücke, Parallelträger mit oben liegender Fahrbahn von je 65,2 m Stützweite bei 63 m Lichtweite, im Gleise Nürnberg—Regensburg stammten aus dem Jahre 1870/71, dem Erbauungsjahre dieser vorerst eingleisigen Bahnstrecke. Die Überbauten im Zuge des zugehörigen zweiten Gleises Regensburg—Nürnberg wurden bei dessen Ausbau im Jahre 1894 ausgeführt (Textabb. 1).

Die im Jahre 1894 nach den damaligen bayerischen Belastungsvorschriften ausgeführten Überbauten aus Flufseisen genügen bei Zulassung geringer Überschreitungen dem heutigen Lastenzug »E«. Die guten Ergebnisse der in letzter Zeit ausgeführten Materialversuche mit Probestücken, die der Brücke eigens entnommenen Stäben entstammten, liefsen deshalb von einer Verstärkung dieser Überbauten Abstand nehmen. Nicht uninteressant sind diese Versuchsergebnisse auch deshalb weil sie einem Baustoff entstammen, welcher vor dem in den Berechnungsgrundlagen für eiserne Brücken (BE) als Stichjahr für die erhöhten zulässigen Beanspruchungen bestimmten Jahre 1895 hergestellt wurde.

Abb. 1. Brückenansicht vor dem Umbau.

Es ergaben:

L 100 × 150 × 14 eine Zugfestigkeit von 4120 und 3930 kg/cm² gegenüber 3700 bis 4500 kg zulässig und eine Streckgrenze von 3000 und 3170 kg/cm² gegenüber*) 2400 kg/cm² zulässig; die Bruchdehnung beträgt auf 20 cm Mefslänge = 21,7 % gegenüber 20 % zulässig.

L 100 × 150 × 12 eine Zugfestigkeit von 3880 und 4190 kg/cm²; eine Streckgrenze von 2930 und 3360 kg/cm² bei 21 % Bruchdehnung.

L 80 × 8 eine Zugfestigkeit von 3930 und 3980 kg/cm²; eine Streckgrenze von 3260 und 3170 kg/cm² bei 23 und 26 % Bruchdehnung.

*) 2400 kg/cm² ist die Streckgrenze des nach 1894 eingebauten Flufseisens und Flufsstahls St 37, während für das vor 1895 eingebaute Schweifseisen und Flufseisen nur eine mittlere Streckgrenze von 2200 kg/cm² verlangt wird.

Die geringe Tragfähigkeit der im Jahre 1870/71 aus Schweifseisen erstellten Überbauten des Gleises Nürnberg—Regensburg würden auch bei Annahme guter Beschaffenheit des alten Baustoffes einen weitgehenden Materialaufwand zur Verstärkung erfordert haben, ohne dafs die ihnen anhaftenden grofsen konstruktiven Mängel hätten behoben werden können. Es konnte nur die Erneuerung der Überbauten als wirtschaftlichste Lösung in Betracht kommen. Die alten Überbauten dieses Gleises wurden daher im verflossenen Jahre gegen neue ausgewechselt.

Für die Ausführung der neuen Hauptträger wurde eine nach unten gekrümmte Halbparabelform gewählt (Abb. 1, Taf. 18). In Verbindung mit erhöhter Standsicherheit ermöglichte diese die vorteilhafte Ausnutzung des Abstandes zwischen der Bahnkrone und der Oberkante des für die Durchführung der Grofsschifffahrt über dem höchsten schiffbaren Wasserstande freizuhaltenden Rechteckes und die unveränderte Beibehaltung des in gutem Zustand befindlichen Widerlager- und Pfeilermauerwerks. Die neuen Hauptträger erhielten bei 65,2 m Stützweite in Trägermitte eine Trägerhöhe von 8 m, woraus sich ein Verhältnis der Trägerhöhe zur Stützweite von 1 : 8,15 ergibt. Über den Auflagern beträgt die Systemhöhe der Endpfosten 5,30 m. Der Zusammenschlufs der im Zulageverfahren hergestellten Einzelstäbe des Hauptträgers erfolgte in der Werkstätte auf fester Unterrüstung in horizontaler Lage. Nach einer die Überhöhung berücksichtigenden sorgsamen Nachprüfung wurden die in den Knotenpunkten erforderlichen Nietlöcher gemeinsam durchgebohrt (Textabb. 2a und 2b). Auf der Baustelle blieben dadurch beim Ausrichten und Vernieten der Hauptträger gröfsere Nacharbeiten erspart. Nur die nach Freihängung der Überbauten auszuführenden letzten Vernietungen der Windverbandanschlüsse erforderten zum Ausgleich geringer Verschiebungen das Aufreiben der hier von Haus aus etwas kleiner gebohrten Nietlöcher.

Zur Erzielung gleichmäfsiger Beanspruchung der kastenförmig ausgebildeten zweiwandigen Hauptträger (Abb. 2, Taf. 18) wurden die Querträger zentral über den Fachwerksknotenpunkten mittels 30 mm dicker gewölbter, aus St 48 bestehender Auflagerplatten, auf den oberen Gurtungen gelagert (Abb. 3 und 3a, Taf. 18). Die Gurtungen sind durch Querschotten genügend versteift. Die zwischen die Querträger eingebauten gleich hohen Schwellenträger sind durch Kontinuitätsplatten oben und unten miteinander verbunden.

Die Fahrbahntafel ist durch eine Trennungsfuge in Überbaumitte geteilt.

Zwischen den Stützwinkeln der an der Trennungsfuge auf Querträgerkonsolen gelagerten Schwellenträgerenden ist ein federndes Stehblech eingebaut, welches durch wagrechte Federung den Längenausgleich zwischen Fahrbahntafel und Obergurt der Hauptträger ermöglicht. Das Federblech ist ähnlich wie bei der Lechbrücke bei Hochzoll (s. »Die Bautechnik«, Fachschrift für das gesamte Bauingenieurwesen, Heft 20 und 22 des Jahrgangs 1926) mit dem benachbarten Querträger wagrecht und senkrecht in Verbindung gebracht und dient dazu, die wagrechten

Kräfte (Windkräfte und Seitenstöſse), sowie die negativen Auflagerkräfte der kontinuierlich durchgeführten Schwellenträger in den Querträger überzuleiten. Durch je zwei zusammengenietete Flacheisen 250/10, die zwischen die Gurtwinkel der Querträger an Stelle des Stehbleches eingebaut und verlascht sind, werden die Konsole, die zur Auflagerung der Schwellenträger in der Trennungsstelle der Fahrbahntafel dienen, beiderseitig im Querträger aufgehängt (Abb. 1, Taf. 19). Die in die Konsole aus den aufgelagerten Längsträgern übergehenden Auflagerdrücke finden in den mit den Querträgern vernieteten Längsträgern der anderen Fahrbahntafelhälfte ihre Gegendrücke.

In jeder der beiden Fahrbahntafelhälften stützt sich der eingebaute Bremsverband gegen den über den Knotenpunkten III bzw. $\overline{\text{III}}$ sitzenden, durch Stahlbolzen mit den Hauptträgergurten unverschieblich verbundenen Querträger (Abb. 1, Taf. 19). Die übrigen Querträger sind infolge der in den unteren Flanschen vorgesehenen genügend weiten Langlöcher parallel zur Längsachse der Hauptträger beweglich. Den Durchbiegungen und Verschiebungen von Fahrbahntafel und Hauptträger beim Befahren der Brücke oder bei Temperaturwechsel ist hierdurch Rechnung getragen. Die zur Verbindung der Querträger mit den Hauptträgerobergurten dienenden kegelförmigen Stahlbolzen mit Kopf sind mittels Hammerschlägen von unten, festsitzend in die Deckflacheisen des Hauptträgergurtes eingetrieben.

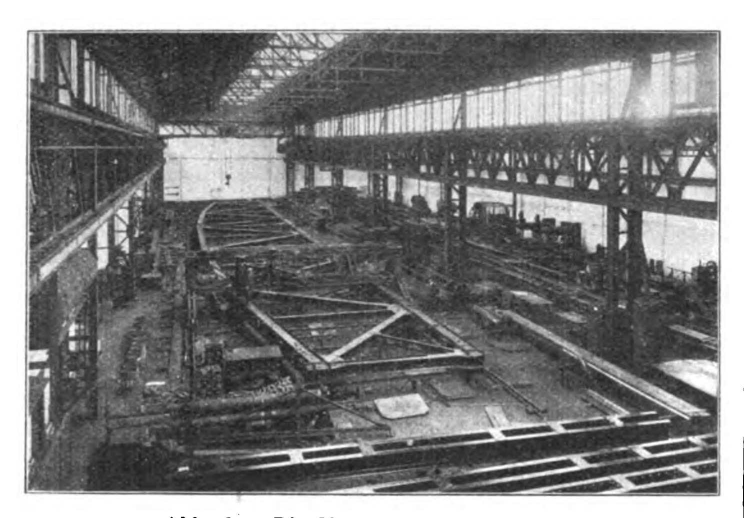


Abb. 2a. Die Hauptträger in der Zulage.

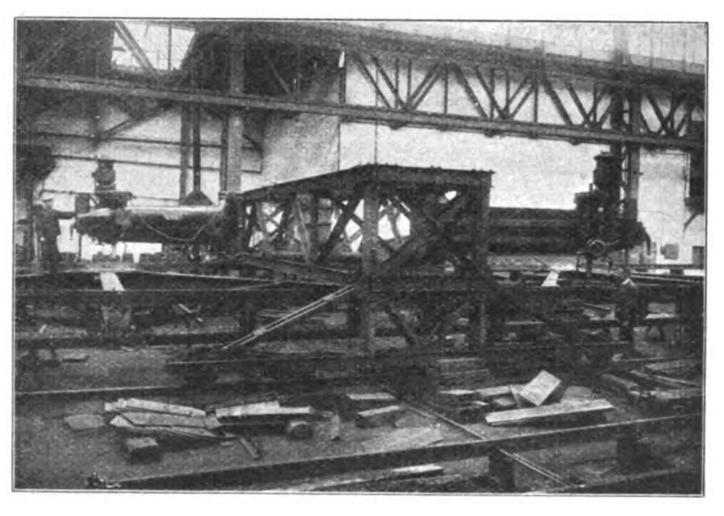


Abb. 2b. Die Bohrwagen mit den angebauten „Raboma" Bohrmaschinen.

Schuppenförmig ausgebildete Verbände versteifen die Ober- und die Untergurte beider Hauptträger gegen die wagrecht angreifenden Kräfte. Die Schwellenträger besitzen einen in der üblichen Zickzacklinie angeordneten Schlingerverband. Senkrechte Querverbände sind nur zwischen die zu Endquerrahmen verbundenen Endpfosten der Hauptträger eingebaut.

Die Auflagerstühle bestehen aus Stahlguſs von 5200 kg/cm² Festigkeit. Für die unbelastete Brücke errechnet sich eine 2,3 fache und für die belastete eine 1,81 fache Standsicherheit. Die Durchbiegung f_g der Hauptträger im mittleren Knotenpunkt beträgt für die ständige Last 2,7 cm; für die Verkehrslast, ohne Berücksichtigung der Stoſszahl, errechnet sie sich zu $f_p = 6{,}6$ cm, woraus sich die den Überbauten in Trägermitte nach BE zu gebende Überhöhung $ü = f_g + 1/2\, f_p =$ rund 60 mm ergibt.

Die Herstellung der Brücke*) erfolgte in hochwertigem Baustahl St 48 mit einer Festigkeit von 48—58 kg/mm², 18 % Mindestbruchdehnung und 29 kg/mm² Streckgrenze. Für die Pfosten der Hauptträger wurde die Stoſszahl 1,61 der von ihnen abgestützten Querträger in Rechnung gestellt, während im übrigen für die Querschnittsbemessung der Hauptträger die Stoſszahl 1,35 verwendet wurde. Die beiden, an die Hauptträgerobergurte angehängten Revisionsstege sind aus St 37 erstellt. Das Gesamtgewicht der Brücke beträgt:

817,2 t St 48 + 32,8 t St 37 = zusammen 850,0 t.

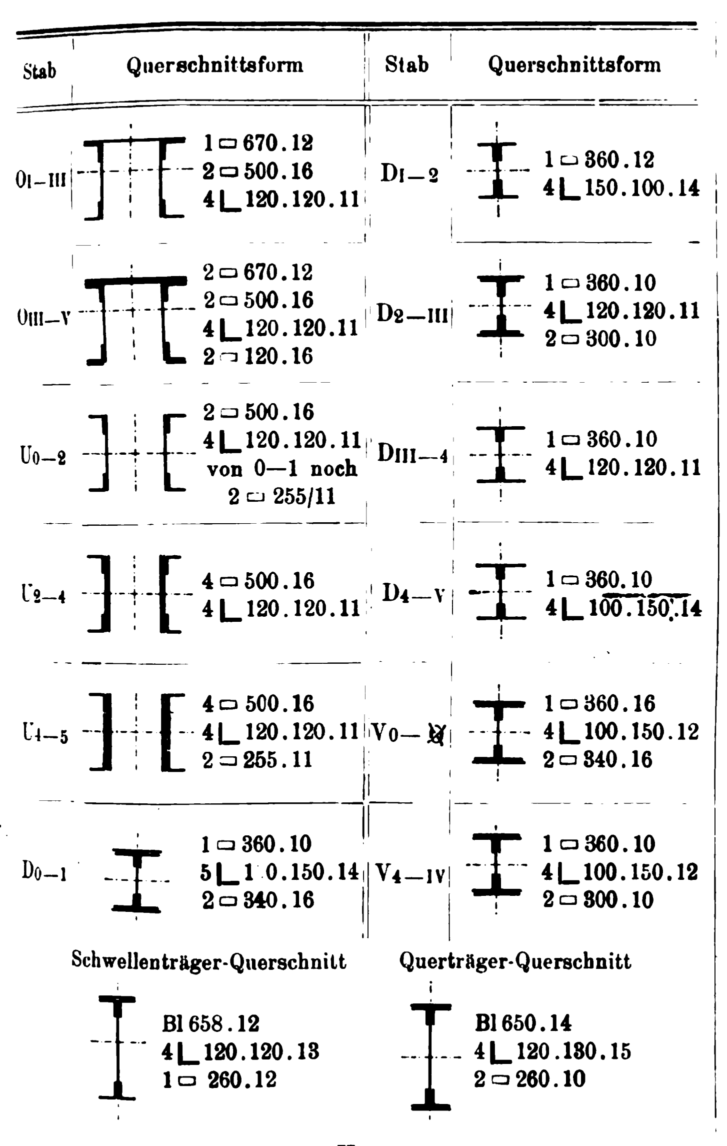
Die Ausführung der Brücke erfolgte für den Lastenzug »N«.

In nachstehender Tabelle sind die hierfür ermittelten Stabkräfte und die benötigten Querschnitte der Stäbe, sowie der für die Fahrbahntafel benötigten Quer- und Schwellenträger zusammengestellt.

Zusammenstellung der gröſsten Stabkräfte.

	Stab	S_g t	S_p t	$\varphi \cdot S_p$ t	$S_g + \varphi S_p$ t	$S_{w+b+s+r}$ t	S_{max} t
Obergurt	1—III	110,5	272,0	375,5	486,0	145,0	631
	III—V	151,5	– 371,0	512,0	663,5	– 175,0	839
Untergurt	0—2	+ 73,0	+ 180,1	+ 248,5	+ 321,5	+ 75,5	+ 397
	2—4	+ 139,0	+ 340,6	+ 470,0	+ 609,0	+ 87,0	+ 696
	4—5	+ 158,0	+ 384,9	+ 531,2	+ 689,2	+ 85,2	+ 774
Diagonalen	0—I	– 93,0	– 230,5	318,1	411,1	30,2	– 441
	I—2	+ 57,7	+ 155,4	+ 214,5	+ 272,2	+ 22,4	+ 295
	2—III	– 42,0	– 127,2	176,0	218,0	13,9	232
	III—4	+ 20,4	+ 93,8 41,8	+ 129,6 – 57,7	+ 150,0 – 37,4	+ 10,1 – 11,5	+ 160 – 49
	4—V	10,1	79,8 + 58,7	110,0 + 74,2	– 120,1 + 64,1	13,3 + 10,4	133 + 75
Vertikalen	0—I	7,8	31,8	51,2	59,0	– 3,3	62
	2—II 4—IV	15,5	50,7	– 82,0	– 97,5	– 7,0	105
Auflagerdruck		77,5	197,0	272,0	349,5	95,6	445

*) Es sind unter der Benennung „Brücke" sowohl im Aufsatz als auch in den dazu gehörigen Zeichnungen stets die Überbauten des Gleises Nürnberg—Regensburg zu verstehen.



Stab	Querschnittsform	Stab	Querschnittsform
O1–III	1 ▭ 670.12 2 ▭ 500.16 4 L 120.120.11	D1–2	1 ▭ 360.12 4 L 150.100.14
OIII–V	2 ▭ 670.12 2 ▭ 500.16 4 L 120.120.11 2 ▭ 120.16	D2–III	1 ▭ 360.10 4 L 120.120.11 2 ▭ 300.10
U0–2	2 ▭ 500.16 4 L 120.120.11 von 0—1 noch 2 ▭ 255/11	DIII–4	1 ▭ 360.10 4 L 120.120.11
U2–4	4 ▭ 500.16 4 L 120.120.11	D4–V	1 ▭ 360.10 4 L 100.150.14
U4–5	4 ▭ 500.16 4 L 120.120.11 2 ▭ 255.11	V0–V	1 ▭ 360.16 4 L 100.150.12 2 ▭ 340.16
D0–1	1 ▭ 360.10 5 L 1 0.150.14 2 ▭ 340.16	V4–IV	1 ▭ 360.10 4 L 100.150.12 2 ▭ 300.10

Schwellenträger-Querschnitt	Querträger-Querschnitt
Bl 658.12 4 L 120.120.13 1 ▭ 260.12	Bl 650.14 4 L 120.130.15 2 ▭ 260.10

II.

Beim Bau der nunmehr abgebrochenen alten Brücke stürzte aus jetzt nicht mehr feststellbaren Ursachen am 10. Oktober 1871 das hölzerne Baugerüst samt dem darauf liegenden eisernen

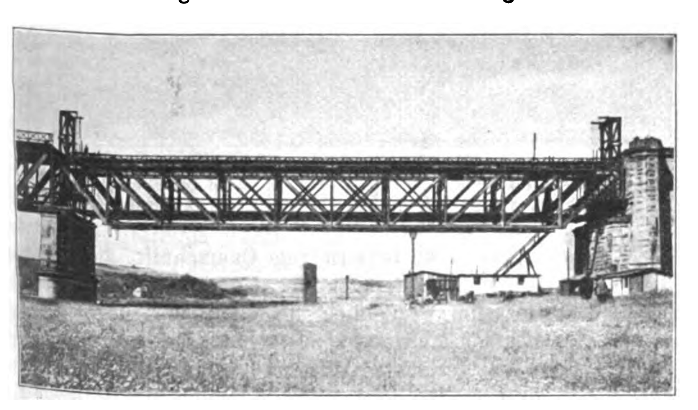


Abb. 3a.
Beginn der Absenkung des rechtsuferigen alten Überbaues.

Überbau in die Donau, wobei von 26 Mann der Brückenbauanstalt sechs tötlich verunglückten und sieben verletzt wurden. Wahrscheinlich ist es, dafs die an der Brückenbaustelle im Strombett ziemlich hoch anstehende Felsbank nicht hinreichend mit Kies überlagert war, um gerammten Gerüstpfosten bei steigendem Wasser einen sicheren Halt gegen einsetzende stärkere Strömungen zu geben. Die Kenntnis dieses Bauunglücks legte es im regen- und hochwasserreichem Jahre 1926 nahe, für die Aufstellung der neuen Überbauten eine Aufstellungsart anzuwenden, bei welcher man nicht nur von der Bodenbeschaffenheit des Strombettes und der Mifsgunst der Elemente

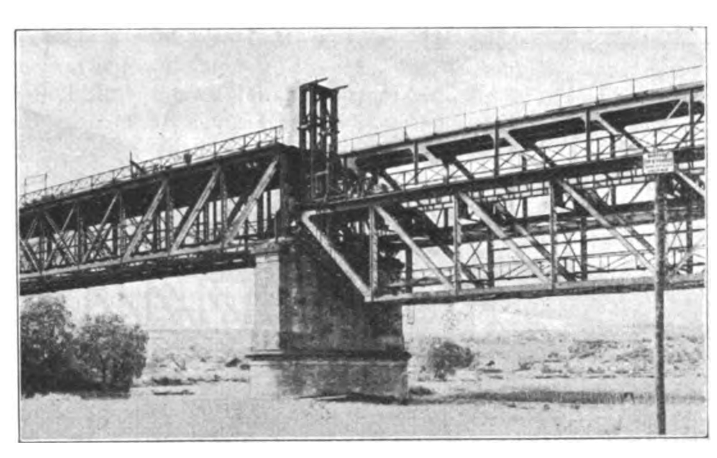


Abb. 3b. Klettergerüst auf dem Pfeiler während der Absenkung des alten Überbaues.

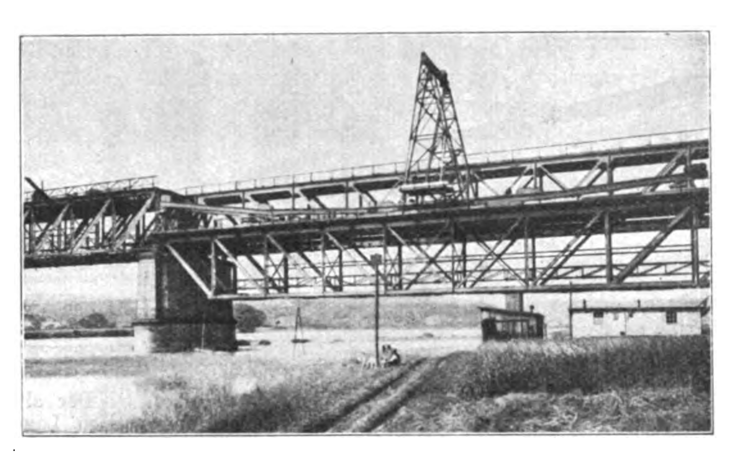


Abb. 4a. Verlegung des Untergurtes zum neuen Überbau auf der über dem abgesenkten Überbau hergerichteten Plattform.

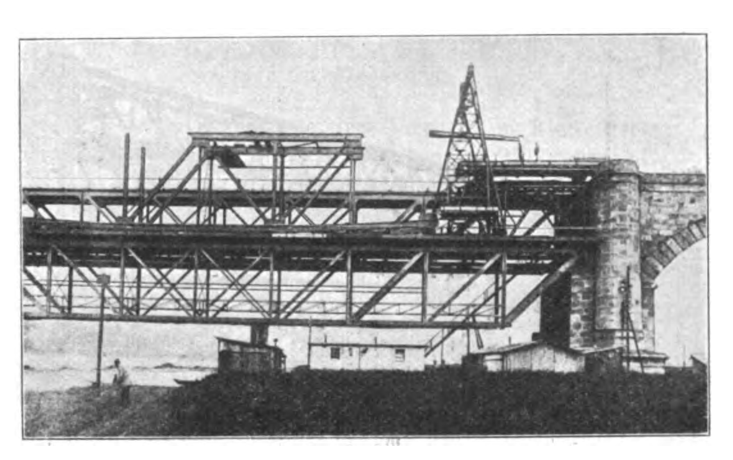


Abb. 4b. Der Fortschritt des Zusammenbaues. Die Konstruktionsteile werden durch einen verfahrbaren Kran vom Bahnwagen aufgenommen und zur Einbaustelle verbracht.

unabhängig, sondern auch gleichzeitig in der Lage war, die von der Strombauverwaltung vorgeschriebenen Mafsnahmen, bezüglich der Durchführung der Schiffahrt zu erfüllen. Die Überlegungen führten dazu, die zum Abbruch kommenden alten Überbauten als Rüstbrücken für die neuen Überbauten zu verwenden. Der Arbeitsgang wurde so festgesetzt, dafs zuerst

der alte Überbau auf der rechten (Regensburger) Seite abgesenkt wurde (Textabb. 3a und 3b). Die dazu verwendeten Geräte und Gerüste wurden alsdann auf die linke (Nürnberger) Uferseite verbracht und der hier befindliche Überbau in gleicher Weise abgesenkt (Textabb. 4a bis 4d). Nach Erstellung einer entsprechenden Arbeitsplattform auf dem bereits abgesenkten



Abb. 4c. Während der neue Überbau auf der Plattform des abgesenkten alten Überbaues zusammengebaut wird, werden die Klettergerüste zwecks Absenkens des linksuferigen Überbaues dort aufgestellt.

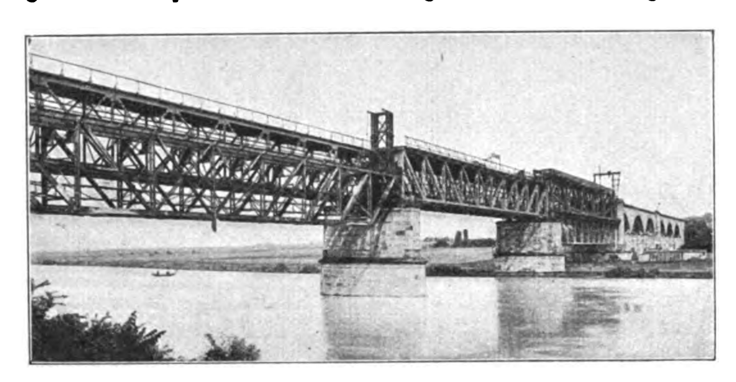


Abb. 4d. Absenken des linksuferigen alten Überbaues. Der alte Überbau über der Mittelöffnung ruht noch in seiner alten Lage. Der Zusammenbau des neuen rechtsuferigen Überbaues geht der Vollendung entgegen.

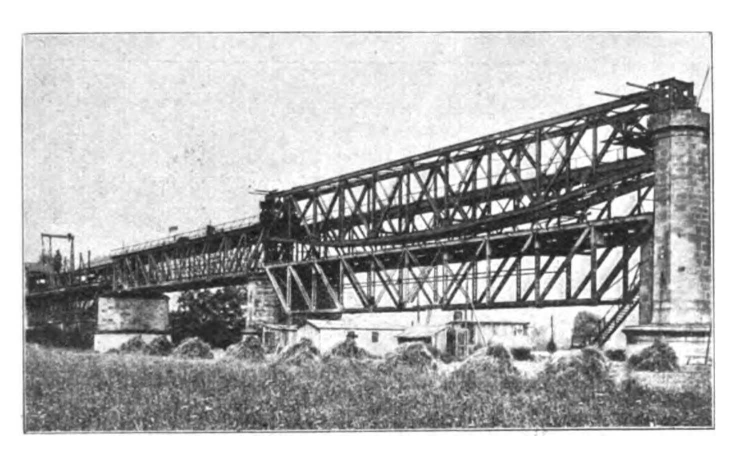


Abb. 5. Der an den neuen Überbau nunmehr angehängte alte Überbau wird für den Abbruch durchgebrannt. Die leicht entfernbaren Stücke werden zu Boden gelassen. Der neue Überbau ist im Klettergerüst gelagert.

rechten Überbau wurde der neue Überbau darauf zusammengebaut. Dieser wurde alsdann mit dem angehängten vorher gekürzten und mehrfach durchschnittenen alten Überbau abgesenkt und in seine Auflager abgesetzt (Textabb. 5). Der alte Überbau wurde darauf gänzlich entfernt. In gleicher Weise wurde dann mit dem Überbau der linksseitigen und schliefslich auch dem der Mittelöffnung verfahren (Textabb. 6 und 7). In ihren Einzelheiten sind die Arbeitsvorgänge folgende:

Um die Möglichkeit zur Absenkung der alten Überbauten zu schaffen, mufste zuerst die Verlegung des Brückenstützpunktes vom Untergurt in den Schnittpunkt der Enddiagonalen mit dem Obergurt und die Entfernung der dadurch überzählig gewordenen Stäbe 𝔄 — 0 und 0 — 1 erfolgen. Der Überbau wurde zu diesem Zweck von seinen Auflagern abgehoben und freigehängt. Die Vorkehrungen zur Durchführung des Abhebens und Freihängens, sowie die daran anschliefsende Absenkung wurden in folgender Weise getroffen: An den beiden Enden des Überbaus wurden Klettergerüstböcke aufgestellt, die aus je zwei Paar eisernen Stielen bestanden. Quer zur Brückenachse waren die zusammengehörigen Stiele durch Verbände, längs dazu jedoch nur an Kopf und Fufs durch Bleche verbunden. Dazwischen waren leicht auswechselbare Verbindungen der Stielpaare durch Bolzen geschaffen (Taf. 20). Die Klettergerüste dienten dazu, eigens hergestellte

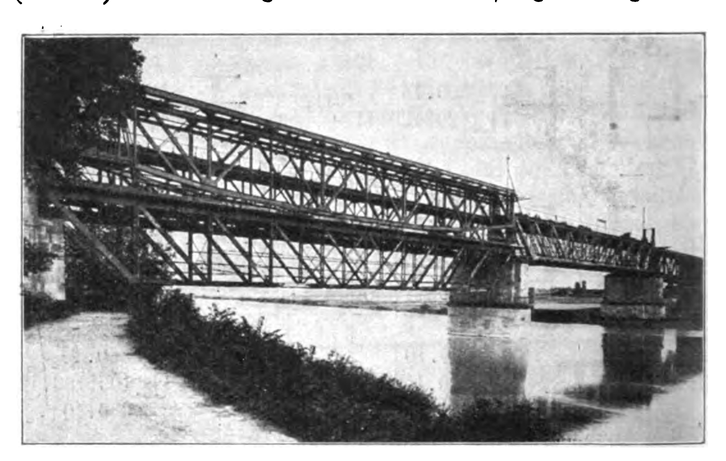


Abb. 6. Aufbau des neuen linksuferigen Überbaues auf der Plattform des abgesenkten alten Überbaues.

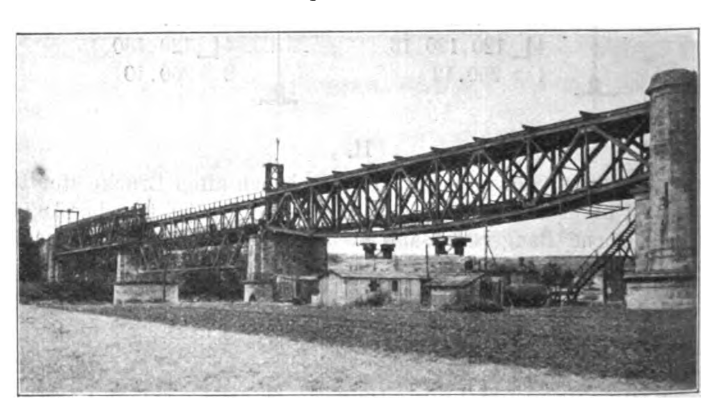


Abb. 7. Der neue rechtsuferige Überbau ist abgelassen und in seine Auflager versetzt. Der alte Überbau ist gänzlich entfernt.

Blechträger »A« von kastenförmigem Querschnitt, die mit den Obergurten beider Hauptträger des Überbaues so verbunden waren, dafs sie beim Freihängen des Überbaues dessen Eigengewicht übernehmen mufsten, abzustützen. Durch den Steg des Blechträgers »A« gesteckte Auflagerbolzen von rechteckigem Querschnitt mit gerundeter unterer Seite fanden ihre Auflagerung in den zusammengehörigen Pfosten der Schmalseite des Klettergerüstes. Die Hebung bzw. Senkung des Brückenüberbaues erfolgte durch hydraulische Hebeböcke. Diese und die sie stützenden Stapel aus Hartholz ruhten auf Blechträgern »B« mit ebenfalls kastenförmig ausgebildeten Querschnitten. Diese Stützträger »B« sassen mit ihren Untergurten auf Tragbolzen, welche in den Pfosten des Klettergerüstes gelagert wurden. Die beiden Tragwände der Stützträger »B« mufsten zur Umschliefsung der Endpfosten des alten Überbaues in das Klettergerüst getrennt

eingebracht werden. Nach ihrem Einbau wurden beide Hälften durch stirnseitig angeschraubte, den Kastenquerschnitt überdeckende Bleche miteinander verbunden. Weiter verbanden zwei kräftige Platten symmetrisch über der Längsachse der Tragbolzen die oberen wagrechten Gurtwinkelschenkel der beiden Kastentragwände. Auf diesen mit kräftigen Querrippen abgestützten Platten wurden die zum Unterbauen der Hebeböcke erforderlichen, aus über Kreuz gelegten Vierkanthölzern hergestellten Stapel aufgebaut. Durch diese Aufbauweise war in der Unterklotzung der Hebeböcke ein inniger Verband hergestellt, welcher durch Aufsitzen des Stempels oder der Zylinderpratzen der Hebeböcke immer unter Spannung gehalten wurde. Die Höhe dieser Hölzer war mit etwa 10 cm dem Hubweg des Zylinders, die Seitenbreite mit 16 cm der Grundfläche der Zylinderfüfse (Pratzen) bzw. des Stempelfusses der hydraulischen Hebeböcke angepafst. Mit Rücksicht auf den hohen spezifischen Flächendruck mussten für die Unterklotzung Harthölzer verwendet werden. Der Zweck der Holzstapel war die Schaffung

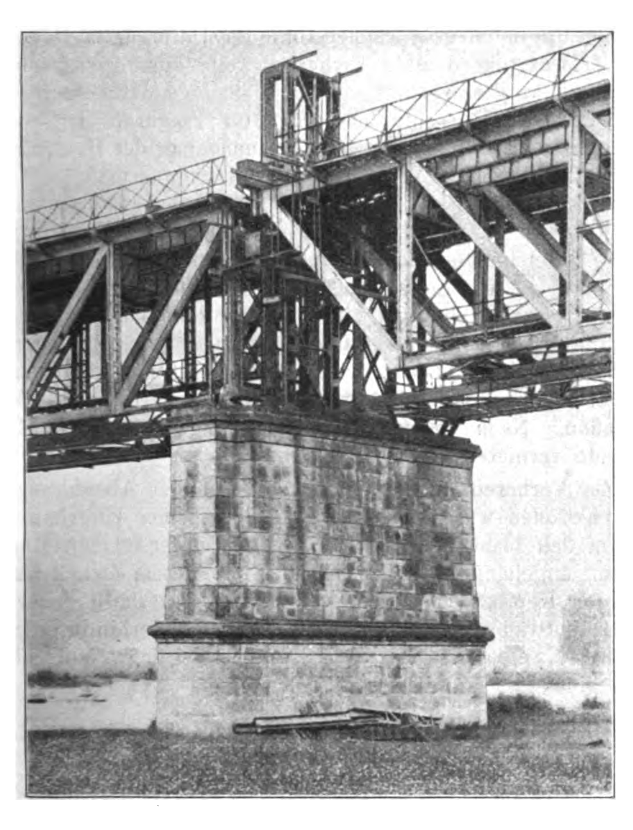


Abb. 8. Anheben des alten, durch Abbrennen der Endpfosten und äufsersten Untergurtstäbe vorgerichteten, im Klettergerüst eingehängten rechtsuferigen Überbaues vor der Absenkung.

höhenveränderlicher Unterlagen der Hebeböcke. Nachdem alle Vorkehrungen getroffen waren, wurden die unter den beiden Hauptträgerenden aufgestellten Hebeböcke durch Prefspumpen, welche auf der mit Bohlen abgedeckten Obergurtfläche des Überbaues ihre Stellung hatten, von Hand in Betrieb gesetzt. Der Überbau wurde dadurch von seinen Auflagern einige Zentimeter abgehoben (Taf. 21, 1. Vorgang und Textabb. 8). Durch Unterklotzung der Zylinderpratzen in dieser Schwebe festgehalten, wurde er durch Einstecken der Tragbolzen in die mit den Hauptträgern festverbundenen Überträger »A« in den Klettergerüstpfosten aufgehängt. Hierauf wurden die Endpfosten ☿ — 0 und die Untergurtstäbe 0 — 1 abgebrannt (Taf. 21, 2. Vorgang), zwischen die nunmehrigen Enddiagonalen des Überbaues ein Querverband eingebaut und die neuen Stützpunkte des Überbaues lagerfufsartig ausgebildet. Jetzt wurde mit der eigentlichen Absenkung begonnen. Dadurch, dafs die Hölzer abwechselnd unter dem Stempel und den Pratzen fortgenommen wurden, kletterte die Last 10 um 10 cm nach unten. Wurde der Stempel angezogen, so wurden die Hölzer unter diesen frei und konnten herausgezogen werden. Die Last ruhte während dieser Zeit auf den Pratzen. Wurde darauf der Stempel vorgedrückt bis er die Last wieder aufnahm, so wurden die Hölzer unter den Pratzen frei. Nach Fortnahme dieser und Ablassen des Druckes sank die Last langsam, bis wieder die Pratzen zum Aufliegen kamen (Taf. 21: 3., 4. und 5. Vorgang). Die Stabilität der Holzstapel erforderte für alle Lagen der Absenkung eine leichte Überwachungsmöglichkeit. Die senkrechten Abstände von etwa 700 mm der in den Klettergerüstpfosten zur Lagerung der Tragbolzen gemachten Ausschnitte waren daher für die einzelnen Absenkungsstufen der Last und die damit zuzammenhängenden Unterklotzungshöhen gut bemessen. Die Gesamthöhe der Holzstapel, welche gleich der fortlaufenden Absenkungsmöglichkeit war, betrug jeweils 0,8 bis 0,9 m pro Arbeitsgang.

Nach rückwärts waren die Klettergerüstpfosten gegen das Kammermauerwerk der Widerlager, auf den Pfeilern gegen den Überbau der Mittelöffnung abgestützt, wodurch ein stärkeres Schwingen der Last beim wechselseitigen Absenken der beiden Enden des Überbaues verhütet wurde. War ein Holzstapel

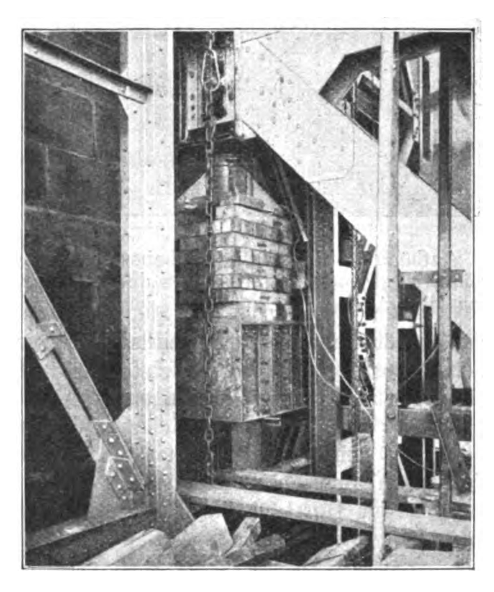


Abb. 9. Stützung des alten Überbaues im Klettergerüst während der Absenkung.

lagenweise abgebaut, so wurde der Überbau im Klettergerüst vorübergehend aufgehängt. Nach Absenken des Stützträgers »B« um eine Lochteilung und Wiederaufbau der Holzstapel (Textabb. 9) übernahmen die Hebeböcke wieder die Last und der Arbeitsgang begann nach Entfernung der Tragbolzen im Überträger »A« in vorbeschriebener Weise von neuem. Während der Umsetzung der Stützträger »B« blieben die Hebeböcke vermittels leichter Stiftschrauben an dem Hauptträgerlagerfufs befestigt (Textabb. 9 und 10). Als schliefslich die Stützträger »B« auf dem Mauerwerk angelangt waren, wurde der Überbau noch bis auf ein Mindestmafs, welches den Ausbau der Stützträger »B« gerade noch zuliefs, abgesenkt und dann mittels der Überträger A wiederum im Klettergerüst aufgehängt. Die Stützträger B wurden jetzt ausgebaut. Nach nunmehriger Errichtung der Holzstapel unmittelbar auf dem Widerlagermauerwerk erfolgte die Absenkung des Überbaues noch soweit, dafs nach einer letzten Aufhängung der Last der Stapelrest samt Hebeböcken entfernt werden konnten (Taf. 21: 6. Vorgang). Ein aus drei Stücken zusammengesetzter Breitflanschträger auf Holzunterlagen wurde verlegt und auf diesem die Holzstapel samt Hebeböcken unter der Stützachse der Tragbolzen eingebaut. Zur Erzielung der erforderlichen Grundfläche wurden

neben den Breitflanschträgern I 28 B noch beiderseits Stücke aus I NP-Trägern von gleicher Höhe verlegt und diese durch Querrippen sowie obere und untere Blechplatten mit dem Breitflanschträger verbunden. Durch Anpressen der Hebeböcke gegen den Überträger A wurden schliefslich die Tragbolzen so entlastet, dafs sie entfernt werden konnten. Das hierdurch freigewordene Klettergerüst wurde abgebrochen. Der Überbau wurde nun noch weiter abgesenkt und schliefslich auf Rollen-

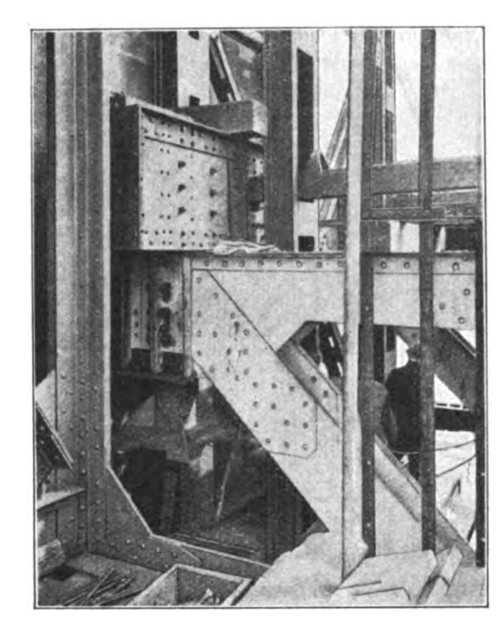


Abb. 10. Aufhängung des alten Überbaues im Klettergerüst.
Zur leichteren Ermöglichung des Umbaues des Holzstapels sind die Hebeböcke an den Auflagerstützpunkten des Überbaues befestigt.

lager, welche auf dem unterlegten Breitflanschträger senkrecht zur Längsachse des Überbaues seitlich verschiebbar waren, abgesetzt (Taf. 21: 7. und 8. Vorgang und Abb. 2 und 2a, Taf. 19). Durch eine Seitenverschiebung des abgesenkten Überbaues von 750 mm wurde zwischen den Überbauten der beiden Gleise Raum für die Aufstellung eines Montagekranes gewonnen. Nach der Durchführung der Verschiebung wurden die Rollen des landseitigen rechten Auflagers um 90° gedreht

Brückenlängsrichtung von Hand zu verfahrender, mit elektrischem Hub- und Katzenantrieb ausgerüsteter Portalkran verwendet. Die Arbeitsstätte war auf die ganze Brückenlänge gegen das im Betrieb befindliche Gleis durch ein Geländer abgeschlossen.

III.

Um die ankommenden Brückenteile ohne Umladung zur Verwendungsstelle bringen zu können, war das Zufahrtsgleis über das Kammermauerwerk hinaus soviel verlängert, dafs die Entladung der Bahnwagen und eine Absetzung der Brückenteile an ihren Einbaustellen vermittels des Montagekrans möglich war. Hierzu wurde das Gleis im Anschlufs an das Kammermauerwerk durch ein auf dem abgesenkten alten Überbau aufgestelltes Eisengerüst unterfangen (Textabb. 4c). Zur Unterstützung der Endpfosten dienten während des Aufbaues der neuen Hauptträger Holzböcke. Mit über Kreuz verlegten, einerseits auf den Gurtungen, andererseits auf den Schwellenträgern des alten Überbaues aufgelagerten Holzstapeln, wurden die zwischenliegenden Knotenpunkte unterbaut (Textabb. 11). Soweit es die in der gebrochenen Linie des Untergurtes liegenden Stäbe erforderten, dienten Eichenholzkeile zum Ausgleich [illegible] Schräge. Für die Einstellung der Höhenlage des neuen [illegible] baues wurden Hebeschrauben von 30 t Tragkraft [illegible] Knotenpunkten vorgesehen. Der Zusammenbau der H[illegible] erfolgte in üblicher Weise. Da die rechnungsmäfsig[illegible] höhung schon in der Zulage der Brückenbauanstalt [illegible] sichtigt worden war, brauchten auf der Baustelle [illegible] kleine Abweichungen ausgeglichen zu werden. Im A[illegible] hieran wurden die Stöfse und Knotenpunkte der H[illegible] vernietet. Vor Abschlufs dieser Vernietungen wu[illegible] Klettergerüste, die mittlerweile zur Absenkung des lin[illegible] Überbaues gedient hatten, wieder eingebaut und dadurch die erforderlichen Stützpunkte zum Freihängen des Überbaues geschaffen. Nach vollzogener Freihängung wurden die Querverbände vernietet.

Zur Vorbereitung der nun vorzunehmenden Absenkung der Konstruktionen wurde der alte an den neuen Überbau, und zwar in den bisher durch Holzaufbauten unterstützten Knotenpunkten angehängt (Abb. 3, Taf. 19). Zu diesem Zweck wurden über den Knotenblechen der neuen und unterhalb jener der alten Hauptträger paarweise aus][gebildete Verbindungsträger eingebaut, welche durch Anschläge gegen seitliches Verschieben

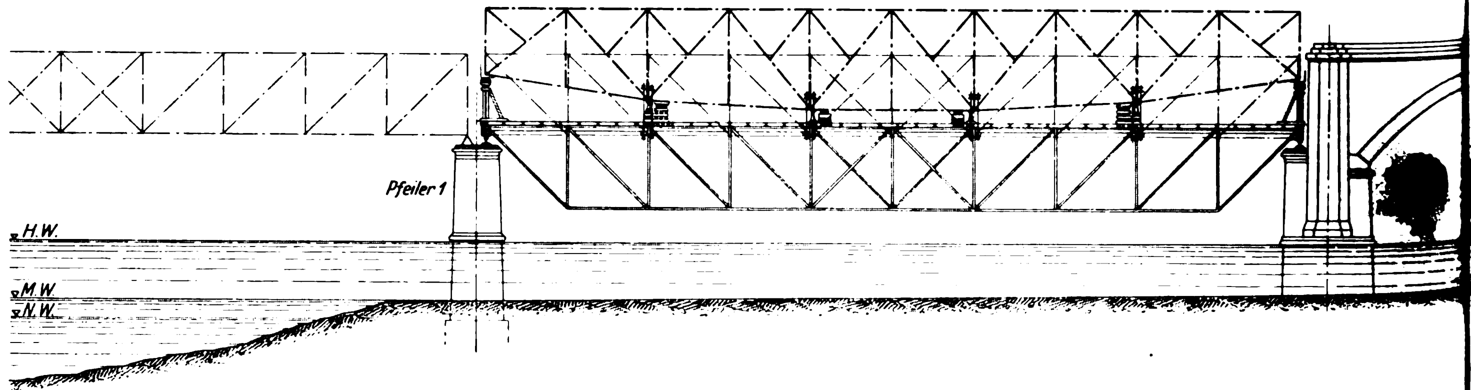


Abb. 11. Neue Brücke während der Aufstellung.
Der alte Überbau wird zum Zwecke seiner Absenkung nach Fertigstellung des neuen Überbaues mit diesem durch Verbindungsschrauben zusammengeschlossen.

und die des linken, talseitigen, entfernt. Der Höhenunterschied wurde hier durch Flacheisen ausgeglichen, so dafs die Lagerung des für den weiteren Fortgang der Arbeit als Montagegerüst dienenden alten Überbaues den statischen Anforderungen entsprach. Die bisherige Behelfsabdeckung der Hauptträger wurde entfernt und hierfür eine Arbeitsbühne von genügender Breite und Tragfähigkeit für den Aufbau des neuen Überbaues hergerichtet. Für den Zusammenbau des letzteren wurde ein in der

gesichert, je vier aus Rundeisen $1^{7}/_{8}''$ englisch hergestellte, mit Doppelmuttern versehene Hängestangen aufnahmen. Zur Minderung des abzulassenden Gewichtes wurden nach Abbruch des jetzt nicht mehr benötigten Gerüstbodens alle noch weiter entfernbaren Teile, so Untergurte, Diagonalen, Pfosten, Schwellen- und Querträger im Brennschneideverfahren abgetrennt und mittels Drahtseilen zu Boden bzw. in einen bereitstehenden Kahn abgelassen (Textabb. 12).

Die beiden Tragwände des oberen Kastenträgers A (Überträgers) waren durch besondere Anschlufswinkel mit den Flanschen der Endpfosten des neuen Überbaues, unter Benutzung der in den oberen Pfostenenden vorhandenen Nietbohrungen, verschraubt. Die Abstützung des durch den neuen mit anhängenden Teilen des alten Überbaues belasteten Trägers »A« erfolgte durch Holzstapel und Hebeböcke, aufsenseits der Endpfosten des neuen Überbaues (Textabb. 13). Die sich hieraus errechnenden ungünstigeren Belastungsmomente erforderten einen stärkeren Stützträger »B_1« als er zur Absenkung des alten Überbaues verwendet wurde. Zur Begrenzung der seitlichen Verschiebbarkeit wurde der Lichtabstand der beiden Tragwände nur wenige Zentimeter weiter gehalten als es die Breite des umschlossenen Hauptträgerpfostens erforderte. Um mit den bisherigen Tragbolzen auszukommen, wurden auch die Stiele des Klettergerüstes enger zusammengerückt (Taf. 20). Die Absenkung des neuen mit den noch anhängenden Teilen des alten Überbaues wurde in ähnlicher Weise (Taf. 21: 9. und 10. Vorgang) durchgeführt, wie sie beim Absenken des alten Überbaues beschrieben. Dadurch, dafs sowohl die Hilfsträger als auch die Tragbolzen in leicht zu handhabenden Schraubenflaschenzügen hingen, waren die jeweiligen Umstellungen auf die nächste Absenkungsstufe einfach durchzuführen. Nach Absetzung der neuen Brücke auf die Verschubträger wurde der Rest des alten Überbaues entfernt. Der neue Überbau wurde sodann in seine Gleisachse verschoben. Nach Ausbau des mittleren Verschubträgerstückes wurden die Hebeböcke unter die Anhubträger der Endquerrahmen des neuen Überbaues gestellt, die Brücke soweit angehoben, dafs die seitlichen Stücke des Verschubträgers ebenfalls ausgebaut, hierfür die endgültigen Lagerstühle eingebaut und in diese der neue Überbau abgesetzt werden konnte (Taf. 21: 11. und 12. Vorgang und Abb. 2, Taf. 19).

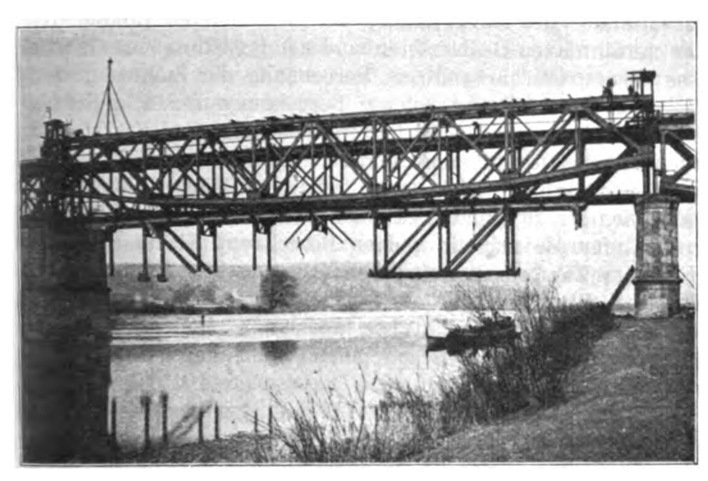


Abb. 12. Abbruch des an den neuen Überbau der Mittelöffnung angehängten alten Überbaues. Die Abbruchstücke wurden in einen Kahn abgelassen.

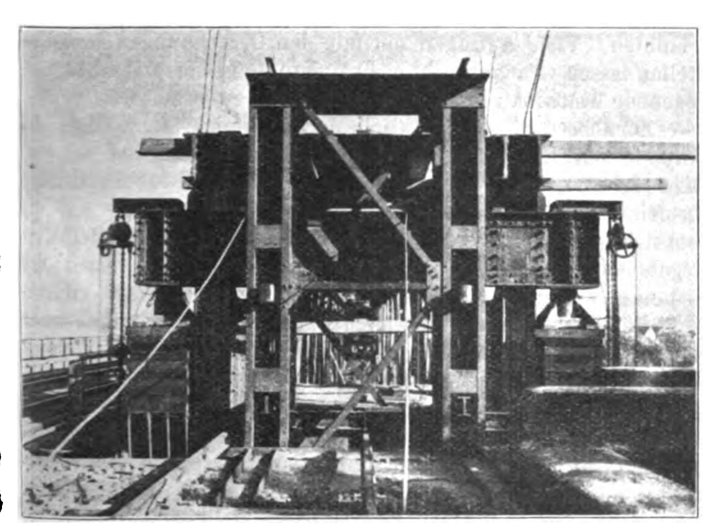


Abb. 13. Aufhängung des neuen Überbaues im Klettergerüst während der Absenkung.

Auf dem in seinen Lagern nunmehr satt aufsitzenden neuen Überbau wurde die Fahrbahntafel mittels abgestrebter Standbäume verlegt.

Der Umbau der Brücke wurde am 28. April 1926 begonnen. Die Absenkung des letzten neuen Überbaues erfolgte am 16. und 17. November 1926.

Die jeweils auf der Brückenbauanstalt zur Ablieferung kommenden Baustoffe wurden vor ihrer Verarbeitung im mechanisch-technischen Laboratorium der Technischen Hochschule in München nochmals Kontrollversuchen unterzogen. Bei der Neuartigkeit des Baustoffes ergaben sich hinsichtlich der Erfüllung der Abnahmebedingungen begreiflicherweise Schwierigkeiten, welche Ersatzlieferungen notwendig machten. Diese haben die Ausführung des Bauwerkes verzögert und dessen verhältnismäfsig lange Bauzeit veranlafst. Es kann jedoch festgestellt werden, dafs das Lieferwerk, die Burbacher Hütte in Saarbrücken, schliefslich einen in jeder Beziehung einwandfreien Baustoff St. 48 lieferte. Am 21. Dezember 1926 wurde die Probebelastung unter Verwendung von drei schweren Lokomotiven S 3/6 vorgenommen (Textabb. 14); die gemessenen Durchbiegungen stimmen ziemlich genau mit dem hierfür theoretisch ermittelten Werte überein. An den Konsolen der Teilungsstelle der Brücke wurden Bewegungen der aufgelagerten Schwellenträger von 3 bis 4 mm festgestellt. Der zweigleisige Betrieb auf der Strecke Regensburg—Nürnberg wurde am 22. Dezember wieder aufgenommen (Textabb. 15).

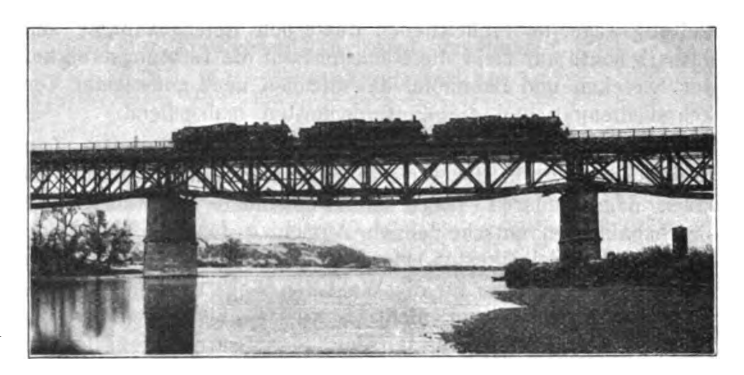


Abb. 14. Probebelastung der neuen Brücke mit drei schweren Lokomotiven S 3/6.

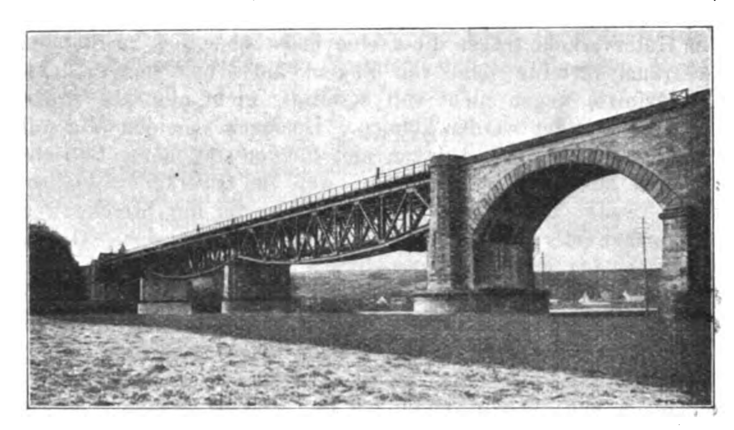


Abb. 15. Ansicht der fertigen Brücke nach dem Umbau.

Die Ausführung der Brücke ist eine anerkennenswerte Leistung der Firma B. Seibert, G. m. b. H. in Aschaffenburg. Die Durchführung der Aufstellung kann als vorbildlich gelten.

Die Ermittlung der Zugförderkosten der Güterzüge als Unterlage für die Wahl der Leitungswege.

Von Reichsbahnrat Dr. Ing. **A. Baumann**, Berlin.

Die Beförderung der Wagenladungsgüter innerhalb des Reichsbahngebiets ist an bestimmte Leitungswege gebunden. Diese sind aus alten, in erster Linie für die Tarifbildung wichtig gewesenen Wegevorschriften heraus entstanden, bei deren Aufstellung noch der Wettbewerb der ehemaligen Ländereisenbahnen und teilweise der früheren Privateisenbahnen mitgesprochen hatten. Der tarifliche Zweck dieser Vorschriften ist — wenigstens für den deutschen Binnenverkehr — bedeutungslos geworden, weil ohne Rücksicht auf den gefahrenen Weg die Fracht für das Gut nach dem kürzesten fahrbaren Weg zwischen Abgangs- und Zielstation berechnet wird. Für die Wahl der Leitungswege im einheitlichen deutschen Reichsbahnnetz sind deshalb heute nur mehr die Rücksicht auf die Leistungsfähigkeit der Strecken und Bahnhöfe, das Streben nach günstigster Verkehrsbedienung und die Zugförderkosten mafsgebend.

Vielfach gibt ein Vergleich der zuletzt genannten Zugförderkosten, d. h. der für die Beförderungsleistung auf dem einen oder anderen Wege aufzuwendenden Selbstkosten der Reichsbahn den entscheidenden Ausschlag für die Wahl eines Weges. Die Selbstkosten erfordern also sorgfältige Ermittlung.

Es darf bei dem für die Wahl der Wege nötigen Vergleich mehrerer Strecken nun nicht — wie es bisher vielfach geschieht — mit den z. B. für ein Bruttotonnenkilometer ermittelten statistischen Durchschnittskosten des ganzen Reichsbahnnetzes oder des in Frage kommenden Direktionsbezirks gerechnet werden. Unter Berücksichtigung der jeder Strecke eigenen besonderen Verhältnisse müssen vielmehr diejenigen Teile der reinen Zugförderkosten betrachtet werden, die tatsächlich durch die Zugfahrt auf der einen oder anderen Strecke verursacht, also bei dem damit wechselweise bedingten Wegfall der Zugfahrt zu ersparen sind.

Es ist wichtig, volle Klarheit zu gewinnen über die zu vergleichenden Kosten. Bei den im Wettbewerb stehenden Leitungswegen handelt es sich nie um kleine Zubringerlinien, sondern um durchgehende Strecken; sowohl im Personen- wie im Güterverkehr tragen diese eine meist über den 24-Stundenzeitraum verteilte Zahl von Zügen, die schon der örtlichen Bedürfnisse wegen nicht voll beseitigt, nicht alle auf andere Strecken verlegt werden können. Demnach scheiden alle Aufwendungen für feste Anlagen und für den stationären Betriebsapparat aus dem Vergleich aus, weil sie unverändert bleiben, auch wenn z. B. zwei von 20 Zügen von der Strecke weggenommen oder zwei Züge zu den 20 zugefügt werden. Gleichfalls scheiden mit Ausnahme eines von der einzelnen Zugfahrt abhängigen Teils der Oberbaukosten die gesamten Kosten der Bahnunterhaltung aus, da sie von Zeit und Witterung beeinflufst und wegen der übrigbleibenden oder schon vorhandenen Züge doch aufzubringen sind. In den Vergleich einzusetzen bleiben demnach nur die Aufwendungen für die Betriebsstoffe, für die Fahrzeuge, für den Lokomotiv- und Zugbegleitdienst sowie für die Mehrbeanspruchung des Oberbaus.

Freilich kann auch — was hier der Vollständigkeit wegen gestreift sei — bei einer Änderung der Leitungswege eine Strecke vielleicht so weit zusätzlich belastet werden, dafs örtliche Mehrausgaben entstehen, weil z. B. bei den Betriebsstellen ein bisher nicht vorhandener voller Nachtdienst eingerichtet werden mufs. Die hierfür aufkommenden Kosten fallen im Sinne der oben gemachten Ausführungen selbstverständlich auf den neu hinzutretenden Verkehr. Entsprechend schlägt Verringerung örtlicher Aufwendungen an einer Strecke bei Verlegung von Zügen auf einen anderen Leitungsweg zugunsten der verlegten Züge zu Buch. Derartig vermehrte oder einzusparende Ausgaben sind in den nur selten vorkommenden Fällen örtlich unschwer in wirklicher Höhe festzustellen.

Die Ermittlung der oben umgrenzten Selbstkosten der Zugförderleistung kann dagegen nicht nur in örtliches Ermessen gestellt werden; sie mufs im ganzen Reichsbahnnetze auf einheitlichen Grundlagen durchgeführt werden, wenn sie einwandfreie Vergleiche zulassen soll. Diese Grundlagen sind durch ein »Verfahren zur wirtschaftlichen Wertung der Strecken« geschaffen worden, das im Auftrage der Hauptverwaltung von einem Ausschufs unter Vorsitz des Reichsbahnoberrats Ehrensberger in den letzten Jahren ausgearbeitet worden ist*). Weitgehend nach den einzelnen Kostenträgern zergliedert, erlaubt dieses Verfahren unter schärfster Berücksichtigung der Streckenverhältnisse, des Zuggewichts, der verwendeten Lokomotiven, der mitfahrenden Bediensteten und der Belastung des Oberbaus eine theoretisch einwandfreie Berechnung der Zugförderkosten.

Die Durchführung solcher Berechnung für alle Strecken des Reichsbahnnetzes erfordert freilich, selbst bei Einsatz zahlreicher Arbeitskräfte, eine geraume Zeit. Man mufs deshalb, um die dringliche Festsetzung wirtschaftlicher Leistungswege bald erledigen zu können, zu einer Auswahl derjenigen Strecken greifen, für die nur die genaue Berechnung Klarheit über die Höhe der Zugförderkosten schaffen kann; bei einem gröfseren Teil von Strecken, die als Leitungswege in Frage kommen, dürften die Kostenverhältnisse auch mit einfacheren Mitteln so klarzulegen sein, dafs eine genaue Rechnung — mindestens vorläufig — sich erübrigt.

Als Unterlage für diese Auswahl der künftig eingehend zu untersuchenden Strecken sind im verflossenen ersten Vierteljahr 1927 für sämtliche mit Durchgangsgüterzügen belegte Strecken der ganzen Reichsbahn einheitliche überschlägliche Kostenberechnungen durchgeführt worden. Es wurden dabei Faustformeln angewendet, die eine Durchrechnung der Zugförderkosten aller in Frage kommenden Strecken in $1^1/_2$ Monaten erlaubten. Viele Anfragen der mit den Berechnungen befafsten Stellen lassen es angebracht erscheinen, die bisher nicht bekanntgegebene Entwicklung der Formeln hier zu erläutern.

Zunächst sei ausdrücklich darauf hingewiesen, dafs die Formeln nur überschläglich sind, weil sie — bewufst — eine allzu scharfe, auf Einzelheiten abgestellte Kostenermittlung vermeiden wollen. Dafür war neben der Rücksicht auf die beabsichtigte genauere Nachprüfung irgend zweifelhafter Ergebnisse durch das Streckenwertungsverfahren auch der Gedanke mafsgebend, dafs die im Näherungswege durchgeführten Berechnungen in vielen Fällen nicht wesentlich mehr als die Ergebnisse genauerer Verfahren von der Wirklichkeit abweichen werden; denn wenn auch an sich wohl die Möglichkeit besteht, z. B. den Betriebsstoffverbrauch einer bestimmten Lokomotive vor einem bestimmten Zuggewicht auf jeder Strecke durch äufserst genaue Beobachtungen und Berechnungen festzustellen, so wird doch eine andere Lokomotive selbst gleicher Bauart unter sonst völlig gleichen Verhältnissen vielleicht abweichende Werte liefern, oder der am folgenden Tag um $^1/_4$ oder $^1/_3$ leichtere Güterzug wird von der ersten wie von der zweiten Lokomotive wieder anderes verlangen, oder es wird gar am dritten Tage eine Lokomotive anderer Bauart gestellt, die bei gleicher Leistung einen viel höheren oder aber einen geringeren Verbrauch hat. Ähnliche Schwankungen findet man beispielsweise weiter in der Zusammensetzung des Zuges nach Wagengattungen oder nach Zahl der Luft- und Handbremswagen, in den wechselnd zahlreichen, verschiedenen Besoldungsstufen angehörenden Zugbegleitern und schliefslich in dem ungleichmäfsigen Zustand und der wechselnden Belastung des Oberbaues der Strecken.

*) Erste Bearbeitung im Organ 1925, Heft 15, veröffentlicht; Zweite Bearbeitung bekanntgegeben mit Verfügung der Hauptverwaltung der Reichsbahn-Gesellschaft vom 14. August 1926.

Man erkennt, dafs selbst genaueste Rechnung nicht durchweg alle, bald hier bald da zu verzeichnenden Schwankungen treffen kann, also in den Einzelheiten mit der Praxis doch nicht immer übereinstimmen wird. Deshalb sind in den hier zu behandelnden Kostenformeln nur die wirklich wesentlichen Teile der Zugförderkosten herausgegriffen und ihnen klar und leicht erfafsbare Leistungs- und Zeitgröfsen zugrunde gelegt. Es wird getrennt nach Kosten der Zugkraft, Kosten der Fahrzeuge, persönliche Kosten und Kosten des Oberbaues. Die ersten fufsen auf der Zugförderarbeit, die Fahrzeug- und Lohnkosten stehen in Beziehung zur Fahrzeit, auf den Oberbau wirkt die Last des Zuges. Im Gesamtergebnis wird der Aufwand festgestellt, der durch die Mehr- oder Minderbeförderung von einer Tonne des Brutto-Wagenzuggewichts auf der untersuchten Strecke entsteht oder erspart wird.

Neben den Ergebnissen der Praxis konnten wertvolle Unterlagen für die Kostenformeln den Arbeiten mehrerer Ausschüsse entnommen werden. An erster Stelle wurde natürlich auf das schon genannte Streckenwertungsverfahren zurückgegriffen, das in seinem ganzen Aufbau die Auswirkung aller an den Zugförderkosten beteiligten Momente aufs beste zu überblicken erlaubt. Ein zweiter Ausschufs zur Untersuchung der Wechselbeziehungen zwischen den Zugbildungs- und Zugförderkosten im Güterverkehr (abgekürzt Zugbildungs-, Zugförderkosten-Ausschufs) hat in seinen Arbeiten u. a. ein neues, bisher noch nicht veröffentlichtes Näherungs-Verfahren zur Ermittlung der Zugförderkosten gegeben. Schliefslich wurde bezüglich der Oberbaukosten auch auf die Ergebnisse des Dienststellenbewertungsausschusses (Diba) zurückgegriffen.

Die Faustformeln, die so — wie unten näher gezeigt werden wird — unter Berücksichtigung praktischer Werte und theoretischer Untersuchungen neuesten Standes entwickelt werden konnten, entnehmen als feste Unterlagen aus Höhen- und Längenplan sowie aus dem Dienstfahrplan der Strecken folgende Angaben:

L = Länge der Strecke in km.

H_a = Arbeitshöhe der Strecke in m; sie ist nach dem für die Fahrzeitberechnung gemittelten*) Höhenplan aus Länge (in km) und Neigung (in ‰) der einzelnen Streckenteile festzustellen. Als Neigungen sind hierbei für die steigenden, die wagrechten und die flacher als mit 2,5‰ fallenden Streckenteile l_1, l_2, l_3 usw. die wirklichen Neigungen $+n_1$, $+n_2$, $+n_3$ usw. zu berücksichtigen; für alle steiler als mit 2,5‰ geneigten Gefälle ist als Arbeitsgefälle n_a durchweg 2,5‰ in die Rechnung einzuführen. Allgemein ergibt sich demnach die Arbeitshöhe H_a zu:

$$H_a = l_1 . (+n_1) + l_2 . (+n_2) + l_3 . (+n_3) + l_4 . (-n_a) + \ldots$$

Das Arbeitsgefälle n_a entspricht — nach unten folgender Begründung — dem Gefälle, von dem ab der Betriebsstoffverbrauch und die Lokomotivabnutzung trotz der im steileren Gefälle verringerten Zugförderarbeit sich nicht mehr nennenswert vermindern bzw. verändern.

G_W = mittleres Gewicht der auf der Strecke verkehrenden Durchgangsgüterzüge in Tonnen.

G_{Lok} = mittleres Betriebsgewicht der für die Durchgangsgüterzüge auf der Strecke verwendeten Lokomotiven in Tonnen; das Betriebsgewicht von Vorspann- oder Schiebelokomotiven ist — gegebenenfalls im Verhältnis der am Zuge zurückgelegten Weglänge zur Streckenlänge L — dem Betriebsgewicht der über die ganze Strecke laufenden Zuglokomotive zuzuschlagen.

T = reine planmäfsige Fahrzeit (ohne Aufenthalte) der Durchgangsgüterzüge auf der betrachteten Strecke in Minuten.

Für die Berechnung wird angenommen:

w = 3 kg/t als mittlerer Widerstand der Durchgangsgüterzüge entsprechend den meist vorkommenden Geschwindigkeiten zwischen 35 und 45 km/Std.

Der genau berechnete mittlere Laufwiderstand der Züge (Lokomotiven und Wagen) beträgt unter Zugrundelegung wirtschaftlich ausgenutzter Lokomotiven auf der wagrechten geraden Strecke bei den genannten Geschwindigkeiten 2,84 bzw. 3,16 kg/t.

Vor der Kostenermittlung wird errechnet:

$$g = \frac{G_W + G_{Lok}}{G_W} = \frac{\text{Gesamtzuggewicht}}{\text{Wagenzuggewicht}}.$$

A = Zugförderarbeit je t Wagengewicht über die ganze Strecke in mt/t $= L . w + H_a$; die gesamte Zugförderarbeit der Lokomotive, die sich selbst mitzufördern hat, ist gleich $g . A$ mt je t Wagenzuggewicht.

Auf diesen Unterlagen bauen sich die hier zusammengestellten Formeln auf:

	Die Beförderung einer Bruttotonne erfordert an überschläglichen Kosten			
	1. der Zugkraft	2. der Fahrzeuge	3. der Zugmannschaften	4. des Oberbaus
	Pfennige			
A. bei Dampfbetrieb	$\frac{g . A}{50}$	$\frac{T}{40}$	$\frac{25\,T}{G_W}$	$\frac{g . L}{30}$
B. bei elektrischem Betrieb	$\frac{g . A}{70}$	$\frac{T}{30}$	$\frac{20\,T}{G_W}$	$\frac{g . L}{30}$

Die äufserst einfachen Formeln sind in folgender Weise abgeleitet:

Zu 1. Zugkraft.

Die Faustformel enthält Betriebsstoffverbrauch oder Betriebsstromverbrauch und Lokomotivunterhaltung, sowie bei elektrischem Betrieb Unterhaltung und Erneuerung der Fahrleitung.

A. Dampfbetrieb.

a) Betriebsstoffe.

200000 mkg Zugförderarbeit erfordern 1 kg Kohle.

Theoretischer Beweis: (nach Zugbildungs-, Zugförderkosten-Ausschufs).

1 kg Kohle = 7000 Wärmeeinheiten.

1 Wärmeeinheit = 427 mkg Arbeit.

1 kg Kohle = 2989000 mkg Arbeit.

Thermischer Wirkungsgrad der Lokomotiven = rund 8%.

Mechanischer » » » = rund 85%.

Am Triebradumfang nutzbare Arbeit je kg Kohle = 0,08 . 0,85 . 2989000 = rund 200000 mkg auf 1 kg Kohle.

Praktischer Beweis: (nach Nordmann, Glasers Annalen 1926, Band 99, Heft 10).

Aus Versuchsfahrten in den Jahren 1925 und 1926 ergab sich für die Güterzuglokomotiven der Reichsbahn der Gattungen G 8², G 8³, G 12, württ. K und 44:

*) Dr. Ing. W. Müller, Verkehrstechn. Woche 1925, Heft 10; in den gemittelten Neigungen der Fahrzeitberechnung sind die Krümmungen, ihrem Widerstand entsprechend in Steigungen umgerechnet, berücksichtigt.

Lokomotivgattung	Dampfverbrauch je PS_e-h im Mittel kg	Verdampfungsziffer im Mittel	Kohlenverbrauch je PS_e-h kg
G 8²	9,53	8,0	1,20
G 8³	9,67	7,5	1,30
G 12	12,12	7,6	1,60
württ. K	9,11	6,7	1,36
44	8,22	6,9	1,20
		im Mittel:	1,32

1 PS-h = 270000 m/kg also

$$1 \text{ kg Kohle} = \frac{270000}{1{,}32} = \text{rund } 200000 \text{ mkg Arbeit.}$$

Auf 1 kg Kohle werden 7 bis 7,5 kg Wasser und etwa $\frac{1{,}5}{1000}$ kg Öl verbraucht; unter Zuschlag der Kosten dafür ergibt sich ein gesamter Betriebsstoffpreis einschliefslich aller Nebenkosten je kg Kohle von rund 2,5 Pf. 1 mt Zugförderarbeit = 1000 mkg kostet demnach an Betriebsstoff $\frac{1000 \cdot 2{,}5}{200000} =$ **0,0125 Pf.**

b) Lokomotivunterhaltung.

Der Zugbildungs-, Zugförderkosten-Ausschufs hat aus dem Streckenwertungsverfahren abgeleitet, dafs 1 mt Zugförderarbeit der Lokomotiven einen Aufwand für Lokomotivunterhaltung von **0,0077 Pf.** verursacht.

c) Betriebsstoffe und Lokomotivunterhaltung.

Insgesamt ist nach a) und b) aufzuwenden je mt Arbeit $0{,}0125 + 0{,}0077 = 0{,}0202 =$ rund 0,02 oder $\mathbf{\frac{1}{50}}$ **Pf.** Für die je t Wagenzuggewicht zu leistende Zugförderarbeit g . A mt entsteht somit ein Aufwand von $\frac{g \cdot A}{50}$ Pf.

d) Mindestkosten in Gefällen.

Die Zugkraftkosten sinken nicht unter ein gewisses Mindestmafs. Das hierfür bei der Ermittlung der Arbeit eingeführte »Arbeitsgefälle n_a« ergibt sich aus folgender Überlegung:

Für das Halten des Feuers sind nach der Literatur mindestens 0,5 kg Kohle je Minute und je m² Rostfläche erforderlich. Die mittlere Rostfläche der Güterzuglokomotiven ist etwa 3,25 m² (G 8 und G 10 2,6 m², G 12 3,9 m²), der entsprechende Mindestverbrauch an Kohle je km bei einer Stundengeschwindigkeit von 35 km 2,78 kg/km, von 45 km 2,18 kg/km, oder durchschnittlich 2,48 kg/km. Nach der oben gegebenen Betriebsstoffermittlung kann also die zum Feuerhalten nötige Kohle 496000 mkg/km Arbeit leisten oder rund 0,5 kg/t Zugwiderstand überwinden. Bei Widerständen unter 0,5 kg/t vermindert sich der Kohlenverbrauch nicht mehr.

Der mittlere Laufwiderstand eines Güterzuges ist 3,0 kg/t; das Arbeitsgefälle n_a ergibt sich daraus zu $3{,}0 - 0{,}5 = 2{,}5$‰.

Auch die Lokomotivabnutzung kann von $n_a = 2{,}5$‰ an unverändert angenommen werden, weil ein wesentlicher Teil der Unterhaltungskosten auf den Kessel entfällt und das Triebwerk bei Fahrten ohne Dampf auch durch die Bremsarbeit im Gefälle beansprucht wird. Genauere Unterlagen bestehen für diese Wechselwirkungen nicht: die eingesetzte Annahme kann jedoch keine nennenswerten Fehlschlüsse liefern.

B. Elektrischer Betrieb.

a) Betriebsstrom.

1 kWh Strom kostet an der Schalttafel des Kraftwerks ohne Zins und Tilgung der Anlagen etwa 1,7 Pf. Bei 15% Stromverlust zwischen Kraftwerk und Fahrleitung und weiteren 20% Verlust zwischen Fahrleitung und Triebradumfang kostet 1 kWh am Triebradumfang nutzbarer Arbeit $= \frac{1{,}7}{0{,}85 \cdot 0{,}80} = 2{,}5$ Pf.

1 mt = 0,002725 kw/h = **0,0069 Pf.**

b) Lokomotivunterhaltung, Unterhaltung und Erneuerung der Fahrleitung.

Elektrische Lokomotiven erfordern bei gleicher Leistung wie Dampflokomotiven weniger Unterhaltungskosten. Man findet dafür im Fachschrifttum etwa 80% der Dampflokomotivkosten veranschlagt*). Für den hier beabsichtigten Vergleichszweck mufs zu diesen Unterhaltungskosten der fahrenden Maschinen noch der von der Förderleistung verursachte Aufwand für Unterhaltung und Erneuerung der Fahrleitung oder des Fahrdrahtes zugeschlagen werden.

Bei der kurzen Dauer der elektrischen Zugförderung bestehen bisher noch keine einwandfreien Unterlagen für die wirklich im Dauerbetrieb entstehende Höhe der genannten Kosten. Auf Leistungen bezogen werden die Gesamtkosten für Lokomotive und Fahrleitung aber nicht wesentlich unter denen des Dampfbetriebes liegen, so dafs hier überschläglich mit den auch unter A. b) angegebenen Sätzen von 0,0077 Pf. je mt Zugförderarbeit gerechnet werden kann.

c) Betriebsstrom, Lokomotivunterhaltung und Fahrleitungen.

Je mt Zugförderarbeit ergibt sich insgesamt ein Aufwand von $0{,}0069 + 0{,}0077 = 0{,}0146$ Pf. = rund $\mathbf{\frac{1}{70}}$ **Pf.**, für g . A mt Zugförderarbeit also $\frac{g \cdot A}{70}$ Pf.

d) Mindestkosten in Gefällen.

Bei elektrischem Betrieb bleiben wie bei Dampfbetrieb auch ohne Leistung von Zugförderarbeit Zugkraftkosten bestehen. Es treten auch bei abgeschalteter Maschine Stromverluste ein: für die Luftbremspumpe wird Strom verbraucht. Das Lauf- und Triebwerk der Lokomotiven wird abgenutzt; ebenso die Fahrleitung.

Genauere Unterlagen namentlich für die Abnutzung von Lokomotiven und Fahrleitung fehlen noch. Der Mindeststromverbrauch einschliefslich der Stromverluste ist nach Angaben der Literatur**) etwas gröfser als $^1/_6$ der Verbrauchs- und Verlustsätze auf ebener Bahn.

Auch bei elektrischem Betrieb dürften gewisse Zusammenhänge zwischen Stromverbrauch und Abnutzung der Lokomotiven und Fahrleitung bestehen; bis zur Erweiterung der noch geringen Erfahrungen mit dem elektrischen Betrieb wird auch hier unmittelbare Abhängigkeit angenommen und wohl hinreichend genau mit Mindestzugkraftkosten in Höhe von $^1/_6$ der Zugkraftkosten in der Wagrechten gerechnet werden dürfen. Damit gilt für den elektrischen Betrieb ebenfalls das Arbeitsgefälle $n_a = 2{,}5$‰: dessen Differenz zu dem Normalzugwiderstand von 3 kg je t beträgt ja $0{,}5 = \frac{3{,}0}{6}$ kg je t.

Zu 2. Fahrzeuge.

Die Faustformeln enthalten Zins und Tilgung von Lokomotiven und Wagen sowie Ausbesserung von Wagen. Die hierfür ent-

*) Wechmann, der elektrische Zugbetrieb der Deutschen Reichsbahn, Seite 461.

**) Müller, Elektrische Bahnen 1926, Seite 164.

stehenden Kosten werden bei den Lokomotiven auf die Zeit umgelegt, in der diese vor dem fahrenden Zug Dienst leisten: die Abnutzung der Lokomotiven wird ja durch die Arbeitsleistung verursacht. Bei den Wagen dagegen ist die Abnutzung während der Fahrt nicht merklich gröfser als bei Stillstand in den Bahnhöfen und Ladeanlagen, auch die Ausbesserungsschäden sind zum grofsen Teil reine Zeitschäden; deshalb ist hier die Umlegung der Zins-, Tilgungs- und Ausbesserungskosten auf die ganze Zeit, während der die Wagen für die Benutzung verfügbar sind, angebracht.

A. Dampfbetrieb.

a) Lokomotiven.

1t Betriebsgewicht erfordert rund 1400 ℳ Beschaffungskosten und hiervon $10\,\%=14\,000$ Pf. jährlich Zins und Tilgung. Jährlich werden 45 000 bis 60 000 km Laufweg = rund 1500 Stunden Fahrt geleistet. Eine Stunde Fahrzeit kostet demnach etwa 9 Pf., eine Minute 0,15 Pf, je t Betriebsgewicht.

$$\frac{\text{Lokomotivbetriebsgewicht}}{\text{Wagenzuggewicht}} = \text{rund } \frac{1}{10}.$$

Also entstehen Lokomotivkapitalkosten je t Wagenzuggewicht von 0,015 Pf./Minute Fahrzeit.

b) Wagen.

Auf eine Achse = 4,69 Eigengewichtstonnen treffen laut Geschäftsbericht der Reichsbahn 1925 im Mittel 3,83 Nettotonnen oder:

jede t Wagenzuggewicht enthält
0,55 t Wagengewicht,
0,45 t Ladung.

Ein Güterwagen von durchschnittlich 9,4 t Eigengewicht kostet für Beschaffung durchschnittlich 4000 ℳ, daher bei $14\,\%$ für Zins, Tilgung und Ausbesserung jährlich 560 ℳ, bei 280 Betriebstagen (Rest Ruhe + Werkstätte) je Minute 0,14 Pf. Auf 1 t Wagenzuggewicht treffen $\frac{0{,}14 \,.\, 0{,}55}{9{,}4} = 0{,}008$ Pf./Minute.

In Durchgangsgüterzügen entfällt von der gesamten Reisezeit $^1/_5$ auf Betriebsaufenthalte, $^4/_5$ auf Fahrzeit. Also Wagenkosten je t Wagenzuggewicht $= \frac{0{,}008 \,.\, 5}{4} = 0{,}010$ Pf./Minute Fahrzeit.

c) Lokomotiven und Wagen.

Lokomotiven und Wagen erfordern zusammen je t Wagenzuggewicht $= 0{,}015 + 0{,}010 = 0{,}025 = \frac{1}{40}$ Pf. je Minute Fahrzeit, für die Fahrzeit T also $\frac{T}{40}$ Pf.

B. Elektrischer Betrieb.

a) Lokomotiven.

Die Beschaffungskosten der elektrischen Lokomotiven sind etwa 2,2 mal so hoch wie diejenigen gleich leistungsfähiger Dampflokomotiven. Dafür sind aber auch in gleichen Zeiträumen die kilometrischen Leistungen der elektrischen Lokomotiven höher und zwar etwa das 1,35 fache*) derjenigen von Dampflokomotiven: demnach entfällt auf gleiche Leistung der elektrischen Lokomotiven das $\frac{2{,}2}{1{,}35} = 1{,}6$fache der Kosten der Dampflokomotiven.

Statt 0,015 Pf. bei Dampflokomotiven ist also für elektrische Lokomotiven mit 0,024 Pf. je t Wagenzuggewicht und je Minute Fahrzeit zu rechnen.

*) Mühl, Elektrische Bahnen 1926, Seite 64.

b) Wagen.

Der Satz von 0,01 Pf. je t Wagen und je Minute Fahrzeit bleibt unverändert. Die geringe Änderung im Verhältnis von Aufenthaltszeit zur Fahrzeit (etwa 0,3 : 1 gegen 0,25 : 1 bei Dampfbetrieb) wirkt sich hier nicht merkbar aus.

c) Lokomotiven und Wagen.

Für Lokomotiven und Wagen ergeben sich nach Vorstehendem insgesamt je t Wagenzuggewicht 0,034 Pf. = $^1/_{30}$ Pf. je Minute Fahrzeit, für die Fahrzeit T demnach $\frac{T}{30}$ Pf.

Zu 3. Personal.

Die Faustformeln rechnen mit der bei luftgebremsten Durchgangsgüterzügen vorhandenen Besetzung von einem Zugführer und einem Schaffner neben der von Dampf- oder elektrischem Betrieb bedingten Lokomotivbesatzung von zwei bzw. einem Mann.

A. Dampfbetrieb.

Die Reichsbahnstatistik ergibt mittlere Monatsbezüge:

eines Lokomotivführers zu rund	ℳ	455,—
» Lokomotivheizers » »	»	375,—
» Zugführers » »	»	428,—
» Schaffners » »	»	342,—

so dafs die gesamte Bemannung eines Güterzuges ℳ 1590.— bezieht. Unter Berücksichtigung von Urlaub und Krankheit werden hierfür von jedem Mann im monatlichen Mittel 200 Arbeitsstunden geleistet, von denen etwa $70\,\%$*) = 140 Stunden auf die eigentlichen Dienstleistungen an dem Zuge entfallen. Eine Minute derartiger Dienstleistung (Fahrzeit und Aufenthalt) erfordert demnach einen Aufwand für die gesamte Bemannung von $\frac{1590}{60 \,.\, 140}$ = rund 0,20 ℳ. Die Fahrzeit entspricht, wie unter 2. A. b) bereits erwähnt, $^4/_5$ der Reisezeit, so dafs je Minute Fahrzeit ein persönlicher Aufwand von $\frac{20}{0{,}8} = 25$ Pf. für den Zug und $\frac{25}{G_W}$ Pf. für die t Wagenzuggewicht anfällt. Für die Fahrzeit T sind also $\frac{25 \,.\, T}{G_W}$ Pf. einzusetzen.

B. Elektrischer Betrieb.

Der Kopfbedarf ist bei elektrischem Betrieb um den Lokomotivheizer vermindert. Der gesamte persönliche Aufwand für eine Minute Dienstleistung verringert sich auf 15 Pf. Infolge der gröfseren Geschwindigkeit bei elektrischer Zugförderung ist das Verhältnis von Fahrzeit zu Aufenthalt 1 : 0,3, der persönliche Aufwand je Minute Fahrzeit daher $15 \,.\, 1{,}3 =$ = rund 20 Pf. für den Zug, $\frac{20}{G_W}$ Pf. für die t Wagenzuggewicht. Die Fahrzeit T beansprucht $\frac{20 \,.\, T}{G_W}$ Pf. persönliche Kosten.

Zu 4. Oberbau.

Die Anwendung der Untersuchungen des oben erwähnten Streckenwertungsverfahrens und des Diba-Unterausschusses IV ergibt: Auf wagrechtem, nur dem Güterzugverkehr dienendem Gleis, das die mittlere Belastung einer Hauptbahn von 20 000 t täglich aufweist, entfallen von den gesamten täglichen Oberbaukosten von rund ℳ 12,— je Kilometer etwa $52\,\%$ auf Erneuerung, $48\,\%$ auf Unterhaltung des Oberbaues. Unter der grundlegenden Annahme, dafs jeder Zug von einer seinem Gewicht angepafsten Lokomotive befördert wird, ruft die Teilung

*) Dr. Fromm. Reichsbahn 1926, Seite 112 ff.

des Gesamtverkehrs in verschieden schwere und zahlreiche Züge (z. B. 20 Züge zu 1000 t oder 40 Züge zu 500 t) keine wesentlichen Änderungen dieser beiden Anteile hervor. Eine Abnahme oder Zunahme der Gesamtbelastung des Gleises bringt dagegen eine Verschiebung der Prozentanteile, weil die Erneuerungskosten einer Belastungsänderung bzw. einer von ihr unmittelbar abhängigen, auf dem Gleis geleisteten Zugförder- und Bremsarbeit im einfachen linearen Verhältnis folgen, während sich die Unterhaltungskosten nicht in unmittelbarer Gefolgschaft der Streckenbelastung bewegen, auch nie unter ein gewisses Mindestmaſs sinken, das der Zeitwirkung anzulasten ist. Der Diba-Ausschuſs gibt diese Entwicklung der Unterhaltungskosten in einem Summenausdruck 3. Potenz*).

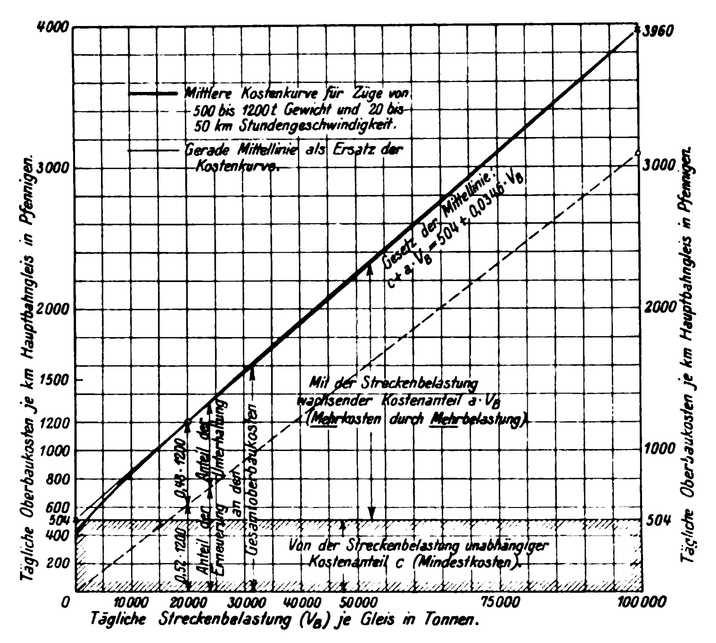


Abb. 1. Mittlerer Einfluſs der Streckenbelastung auf die Oberbaukosten wagrechter Strecken.

Dementsprechend ist in Abb. 1 der Einfluſs der Streckenbelastung auf die gesamten Oberbaukosten festgehalten. Man erkennt, daſs die sich ergebende Einfluſslinie schon von ziemlich niedriger Streckenbelastung ab einen sehr gestreckten Verlauf nimmt, der für die Untersuchung der stets stärker als mit 5000 t belasteten durchgehenden Strecken ohne nennenswerte Abweichung durch eine Gerade ersetzt werden kann. Diese Gerade schneidet auf der Kostenachse die Mindestkosten an, die ohne Rücksicht auf die Streckenbelastung — auch bei völligem Ausbleiben der Belastung — für ordnungsmäſsige Unterhaltung des Gleises aufgewendet werden müssen; sie sollen mit c bezeichnet werden. Zu diesem unveränderlichen Aufwand c tritt ein mit der Streckenbelastung V_B geradlinig wachsender Kostenteil $a \,.\, V_B$. Die gesamten Oberbaukosten entwickeln sich also bei veränderlicher Streckenlast im Verhältnis $c + a \,.\, V_B$. Steigt die Belastung von V_{B1} auf V_{B2}, so steigen die Oberbaukosten um $(c + a \,.\, V_{B2}) - (c + a \,.\, V_{B1}) = a \,.\, (V_{B2} - V_{B1})$, d. h. für jede Tonne Mehrbelastung entstehen Mehrkosten von der Höhe a. Nur auf diese Mehrkosten kommt es bei der vorliegenden Vergleichsrechnung an; die Mindestkosten c sind ja immer die gleichen, ganz einerlei, welche Belastung die Strecke aufweist.

Nach Abb. 1 sind bei 100 000 t täglicher Belastung insgesamt $c + a \,.\, 100\,000 = 39{,}60$ ℳ tägliche Oberbaukosten aufzuwenden; der unveränderliche Anteil c beträgt hierbei 5,04 ℳ oder rund 5,— ℳ.

Demnach entspricht dem Wert a ein Kostenaufwand von $\frac{3960 - 500}{100\,000} = 0{,}0346$ Pf. oder $^1/_{30}$ Pf. je t/km. Für eine Strecke von L km und ein Gesamtzuggewicht von g. G_W t ist also je t Wagenzuggewicht $\frac{g \,.\, L}{30}$ Pf. Oberbau-Mehraufwand einzusetzen.

Von einer Berücksichtigung des etwaigen Einflusses gröſserer Streckenneigung auf die Oberbaukosten nimmt die Faustformel Abstand. Nach den auf 30jährigen Erfahrungswerten beruhenden Ergebnissen des Diba IV ist dieser Einfluſs gering und verteuert die Oberbauunterhaltung in Neigungen mit mehr als 10 ‰ um etwa $^1/_{10}$ derjenigen geringer geneigter Strecken. Für das Gesamtergebnis des Zugförderkostenvergleichs ist ein solcher, die Rechnung erschwerender kleiner Zuschlag ohne ausschlaggebende Bedeutung.

Die überschläglichen Kostenberechnungen können entsprechend den vorstehend erläuterten Grundlagen mit Hilfe eines nachstehend angegebenen übersichtlichen Vordrucks aufs rascheste durchgeführt werden.

Strecke oder Streckenabschnitt				Gewicht der Durchgangsgüterzüge ohne Lokomotive G_W nach dem Dienstfahrplan in t	Betriebsgewicht der Lokomotive G_{Lok} nach dem Dienstfahrplan in t	Reine Fahrzeit der Durchgangsgüterzüge (ohne Aufenthalt) T in Minuten	$g = \frac{G_W + G_{Lok}}{G_W} = \frac{Sp.5 + Sp.6}{Sp.5}$	Zugförderarbeit für jede t Zuggewicht $= w \,.\, L + H_a = 3 \,.\, Sp.3 + Sp.4$ in mt/t	Überschlägliche Kosten je t Wagenzuggewicht für die Zugförderung über die Streckenlänge L — Zugkraft	Fahrzeuge	Mannschaft	Oberbau	
Von	Bis	Länge L in km	Arbeitshöhe H_a in m						bei Dampfbetrieb $\frac{g \,.\, A}{50}$	$\frac{T}{40}$	$\frac{25\,T}{G_W}$	$\frac{g \,.\, L}{30}$	Insgesamt Sp. 10 bis Sp. 13 zusammen
									bei elektrischem Betrieb $\frac{g \,.\, A}{70}$	$\frac{T}{80}$	$\frac{20\,T}{G_W}$	$\frac{g \,.\, L}{30}$	
									Pfennige				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14

Das Endergebnis wird zweckmäſsig in ein Liniennetz der Durchgangsstrecken des Güterverkehrs übertragen, wie dies Abb. 2 zeigt. Die erste Zahl an den Strecken bezeichnet die Zugförderkosten für 1 t Wagenzuggewicht zwischen den angrenzenden Knotenpunkten; die Länge der Strecke und die reine Fahrzeit der Dgz auf der Strecke sind als Zähler und Nenner des folgenden Bruches beigesetzt. Die Richtung, für welche die Angaben gelten, wird durch den Pfeil bezeichnet.

Die Begrenzung der berechneten Streckenabschnitte durch

---

*) Der Ausdruck lautet: $60 + \frac{n}{3} + \sqrt[3]{V_B}$. Darin gibt 60 den Einfluſs der Mindestunterhaltung ohne Rücksicht auf Belastung, n ist die Zahl der täglichen Züge, V_B die tägliche Streckenbelastung in t.

Knotenpunkte des Durchgangsverkehrs macht es möglich, jeden durchgehenden Leitungsweg durch Zusammenstofs der Einzelstrecken auf seine Gesamtkosten, -länge und -beförderungsdauer zu untersuchen und mit etwa fraglichen anderen Leitungswegen zu vergleichen; Abb 3 zeigt dies beispielsweise für die drei möglichen Wege zwischen Seesen und Magdeburg—Rothensee, von denen sich der über Jerxheim—Oschersleben als der rascheste und billigste erweist*).

wertung die durchschnittlichen Oberbaukosten je t Gesamtstreckenbelastung eingesetzt sind. Aufserdem rechnet die Streckenwertung mit einer von den Erfahrungswerten des Diba abweichenden starken Erhöhung der Oberbaukosten bei zunehmender Streckenneigung; infolge mittlerer Neigung der Vergleichsstrecke von 8 bis 9⁰/₀ gehen deshalb die an sich schon nicht vergleichbaren Werte des Mehr- und des Gesamtoberbauaufwandes noch stärker auseinander. Vor der Überprüfung der überschläglichen

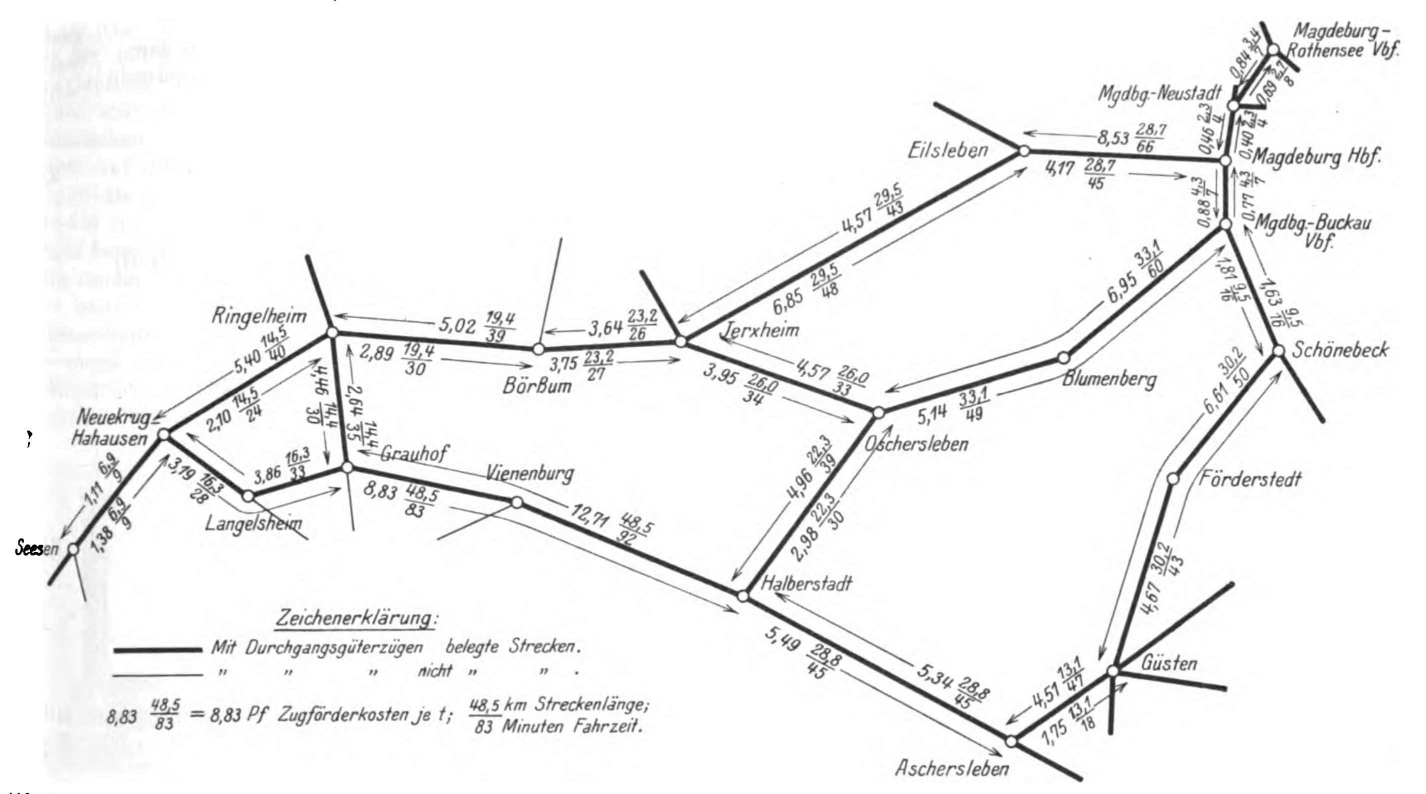


Abb. 2. Darstellung der Rechnungsergebnisse in einer Karte der Güterdurchgangsstrecken (Ausschnitt des Direktionsbezirks Magdeburg).

Tritt nun bei solchem Vergleich der Zugförderkosten mehrerer für die Leitung in Frage kommender Strecken keine offenbare Überlegenheit eines Weges zutage, so wird die hier behandelte überschlägliche Berechnung durch Anwendung des Streckenwertungsverfahrens oder — unter Voraussetzung der Bekanntgabe — des Verfahrens des Zugbildungs-, Zugförderkostenausschusses zu prüfen und zu berichtigen sein. Die dabei erzielbare gröfsere Genauigkeit bringt natürlich Abweichungen von den Ergebnissen der Faustformelberechnung mit sich. Man vermag diese Abweichungen an Hand der auf der nächsten Seite angegebenen Übersicht zu beurteilen: sie stellt für die Strecke Würzburg—Kitzingen, deren Berechnung der Bekanntgabe des Streckenwertungsverfahrens als Beispiel beigegeben ist, die Rechnungsergebnisse nach dem eben genannten Verfahren und nach den Faustformeln einander gegenüber.

Bei den Kosten der Betriebsstoffe, der Fahrzeuge und der Zugbemannung ist die immerhin gute Annäherung der Faustformelwerte bemerkenswert. Bei den Oberbaukosten erscheinen allerdings recht erhebliche Abweichungen, die jedoch — zum allergröfsten Teil — wie folgt begründet sind: Bei der überschläglichen Berechnung sind nur die Mehrkosten für den zur Stammbelastung der Strecke hinzukommenden Verkehr erfafst, während bei der Strecken-

Berechnungen werden die Oberbaukostenansätze der Streckenwertung noch nach dem unveränderlichen und dem mit der Streckenbelastung veränderlichen Anteil getrennt werden müssen; dabei wird auch die Frage des Einflusses der Streckenneigung auf die beiden Anteile mit zu lösen sein.

Im ganzen dürfen nach dem angestellten Vergleich die überschläglichen Zugförderkosten als eine geeignete Grundlage

Hinfahrt über:	Zugförderkosten je t Wagenzug:	Länge des Wegs:	Fahrzeit:
Langelsheim – Halberstadt:	23,4 ₰	136,4 km	230 Min.
Jerxheim – Oschersleben:	21,1 ₰	132,4 km	195 Min.
Jerxleben – Eilsleben:	22,2 ₰	127,2 km	198 Min.
Rückfahrt über:			
Halberstadt - Langelsheim:	31,8 ₰	137,1 km	251 Min.
Oschersleben – Jerxheim:	28,9 ₰	133,1 km	225 Min.
Eilsleben – Jerxheim:	29,6 ₰	127,9 km	234 Min.

Abb. 3. Vergleich der Bahnwege zwischen Seesen und Magdeburg—Rothensee nach Kosten, Streckenlänge und Fahrzeit.

für die Auswahl der noch eingehender zu berechnenden Strecken angesprochen werden. Sind diese ergänzenden Untersuchungen noch durchgeführt, so wird in einer geschlossenen Zusammenstellung der Zugförderkosten aller Strecken des durchgehenden Güterverkehrs eine überaus wichtige Unterlage für die Wahl der Leitungswege vorliegen.

*) Ob bei den als Beispiel herausgegriffenen, verhältnismäfsig kurzen Strecken die Züge entsprechend geleitet werden können, soll hier nicht untersucht werden.

Vergleichsberechnung der Zugförderkosten auf der Strecke **Würzburg—Kitzingen** für Güterzüge mit 1000 bis 500 t Wagenzuggewicht.
Verwendete Lokomotive: G 12 mit 140 t Betriebsgewicht.
Streckenlänge 22,94 km, davon 13,89 km in Steigungen von i. M. 8,2 ‰,
Rest in Gefällen von i. M. 9,3 ‰.
Reine Fahrzeit 42,45 Minuten.

	Es werden Zugförderkosten je t Wagengewicht berechnet:							
	Für den 1000 t-Wagenzug		Für den 900 t-Wagenzug		Für den 700 t-Wagenzug		Für den 500 t-Wagenzug	
	mit den Faustformeln	nach der Streckenwertung	mit den Faustformeln	nach der Streckenwertung	mit den Faustformeln	nach der Streckenwertung	mit den Faustformeln	nach der Streckenwertung
	Pfennige je t Wagenzuggewicht							
Betriebsstoffe	2,28	2,30	2,34	2,32	2,43	2,38	2,55	2,68
Lokomotivunterhaltung	1,38	—	1,39	—	1,45	—	1,52	—
(Zugkraft zusammen)	(3,66)		(3,73)		(3,88)		(4,07)	
Fahrzeugzins und Tilgung	1,06	—	1.06	—	1,06	—	1,06	—
Fahrzeugkosten zusammen	2,44	2,23	2,45	2,25	2,51	2,33	2,58	2.58
Zugmannschaften	1,06	1,02	1,18	1,13	1,51	1.45	2,12	2,03
Oberbauunterhaltung und Erneuerung Durchschnittskosten je t Gesamtstreckenbelastung	—	2,70	—	2,76	—	2,84	—	3,07
Mehrkosten durch 1 t zur Stammbelastung hinzukommender Belastung	0,87	—	0,88	—	0,92	—	0,98	—

Tritt aus bereits eingeleiteter, genauer Beobachtung noch die Kenntnis von Stärke und Richtung der zu bedienenden Verkehrsbeziehungen hinzu, dann kann eine der gröfsten und bedeutendsten Fragen der wirtschaftlichen Betriebsführung im Gebiete der Reichsbahn mit wirklicher Aussicht auf allgemeinen Erfolg gelöst werden: Die planmäfsige Verteilung der Zugbildungsaufgaben des durchgehenden Verkehrs auf die geeignetsten Verschiebebahnhöfe des Netzes, unter Ausschaltung unzweckmäfsig liegender Bahnhöfe. Etwa noch auftauchende Pläne für neue Verschiebebahnhöfe, die immer eine andere Verteilung der Rangieraufgaben und damit Leitungsänderungen zur Folge haben, werden von vornherein ebenso auf ihren wirtschaftlichen Erfolg wie auf ihre betriebliche Notwendigkeit zu beurteilen sein. Ja, zur Wahrnehmung der wirtschaftlichen Gesamtbelange der Reichsbahn wird noch weitergehend ein in grofsen Zügen aufzustellendes Programm die Stellen des Reichsbahnnetzes bestimmen müssen, an denen künftig — wenn dies überhaupt in absehbarer Zeit nötig sein sollte — noch Verschiebebahnhöfe zur Bedienung des durchgehenden Verkehrs angelegt werden dürfen.

Sachgemäfse Ergänzung der hier behandelten Zugförderkosten und aufmerksame Beobachtung etwa eintretender Änderungen in den Verkehrsbeziehungen wird dann die betriebsleitenden Stellen in den Stand setzen, rechtzeitig die feinere Ausarbeitung und — wenn erforderlich — spätere Änderung oder Ergänzung dieses Programmes in Angriff zu nehmen.

Aus der Geschichte des amerikanischen Lokomotivbaues.

Von Geh. Regierungsrat **Wernekke**, Berlin-Zehlendorf.

Die erste Lokomotive, die in den Vereinigten Staaten lief, war aus England bezogen worden; nach dem Ort, wo sie gebaut worden war, führte sie den Namen »Stourbridge Lion.« Besteller war die Delaware und Hudson-Kanalgesellschaft. Die Lokomotive wurde zu Wasser an ihren Bestimmungsort Carbondale gebracht; dort lief sie zum ersten Male am 8. August 1829. Sie hatte zwei Triebachsen, die gemeinschaftlich von stehenden Zylindern aus durch Hebel angetrieben wurden. Die Maschine wog 7 t. Einige ihrer Teile sind im National Museum in Washington heute noch zu sehen.

Hatte diese Lokomotive bereits einen liegenden Kessel, so kehrte man mit der ersten Lokomotive, die in Amerika gebaut wurde, dem »Tom Thumb« (Däumling), 1830 zum stehenden Kessel zurück. Die Lokomotive, die kaum 1 t wog, hatte nur einen Zylinder von 9 cm Durchmesser und 35,5 cm Hub und entwickelte wenig mehr als 1 PS. Bei ihrer Probefahrt am 28. August 1830 auf der Baltimore und Ohio-Eisenbahn zog sie einen bootförmigen Wagen hinter sich her. Um dieselbe Zeit wurde in New York der »Best Friend« gebaut, ebenfalls eine Lokomotive mit zwei gekuppelten Achsen, die aber schon 4,5 t wog und bei 3,5 at Kesseldruck etwa 180 kg Zugkraft entwickelte. Ihre Zylinder mit 15 cm Bohrung und 40 cm Hub waren geneigt. Die Räder waren aus Holz mit eiserner Nabe und eisernem Radkranz. Als ihr Heizer, ein Neger, das Sicherheitsventil mit seinem Körpergewicht belastete, explodierte der Kessel: der erste derartige Unfall in Amerika.

Auf der Camden und Amboy-Eisenbahn wurde am 12. November 1831 der »John Bull«, erbaut von Stephenson in England, in Betrieb genommen. Auch diese Lokomotive hatte zwei angetriebene Achsen, vor ihnen lief aber noch ein Schienenräumer auf zwei Rädern. Die Lokomotive wog bereits 10 t: ihr liegender Kessel war 3,97 m lang und hatte 1,07 m Durchmesser. Die Triebräder hatten 1,37 m Durchmesser; Speichen

und Felgen waren aus Holz, die Nabe aus Gufseisen; die Radreifen von 2 cm Stärke waren aus Schmiedeeisen. Die Lokomotive war für eine Spurweite von 1,525 m gebaut. Auch sie steht heute im Museum in Washington.

Aus derselben Eisengiefserei wie der erwähnte »Best Friend« ging die »West Point« im März 1831 hervor. Sie war jener sehr ähnlich, nur hatte sie einen liegenden Röhrenkessel. Als sie bei der Probefahrt vier Personenwagen mit 117 Fahrgästen beförderte, wobei sie 4,4 km in 11 Minuten zurücklegte, lief hinter ihr ein mit Baumwolle beladener Schutzwagen, den man damals für nötig hielt, um die Fahrgäste vor einer etwaigen Kesselexplosion zu schützen.

Eine sehr bekannte Lokomotive aus der ersten Zeit des amerikanischen Eisenbahnwesens ist die »De Witt Clinton«, die heute auf dem Bahnhof New York der New York Central-Eisenbahn als eine Art Denkmal aufgestellt ist. Ihre Leistung von 28 km in weniger als einer Stunde war für die damalige Zeit recht bemerkenswert. Sie wog mit ihrem Schlepptender 5,5 t.

Im Januar 1831 schrieb die Baltimore und Ohio-Eisenbahn für die beste Lokomotive einen Preis von 4000 Dollar aus; von vier Bewerbern gewann die »York« diesen Preis. Sie hatte wieder einen stehenden Kessel und ebensolche Zylinder. Ihre vier angetriebenen Räder aus Gufseisen hatten nur 91 cm Durchmesser. Das Gewicht der Lokomotive betrug 3,5 t.

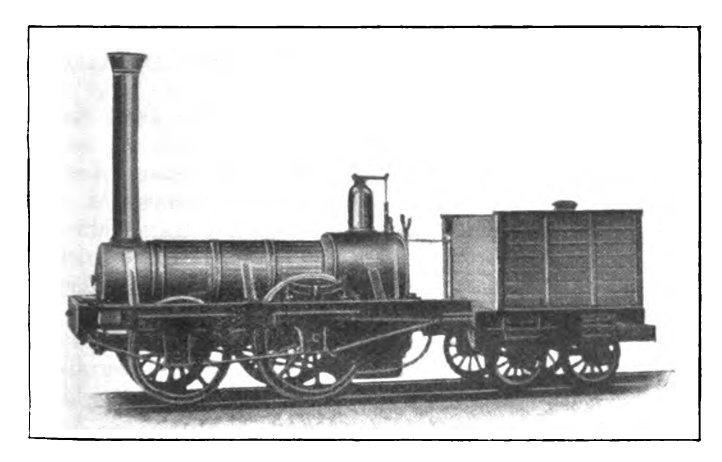


Abb. 1. Erste Baldwin-Lokomotive, die „Old Ironsides“, gebaut im Jahre 1832.

Hatten die bisher genannten Lokomotiven alle zwei Triebachsen und keine Laufachsen, — die Räder unter dem Schienenräumer des »John Bull« trugen ja nicht eigentlich das Lokomotivgewicht, — so hatte die Lokomotive »Experiment« die Radanordnung 2 B; sie war die erste mit führendem Drehgestell. Ihre Triebräder hatten 1,53 m Durchmesser; infolgedessen erreichte sie häufig eine Geschwindigkeit von 60 Meilen (96 km) in der Stunde, zuweilen sogar noch mehr. Sie war, ebenso wie einige der bereits aufgeführten Lokomotiven, in der West Point-Giefserei gebaut. Auf der Süd-Karolina-Eisenbahn wurde 1832 die Lokomotive »South Carolina« in Betrieb genommen. Mit ihrer Achsanordnung 1 B 1, ihrem Führerstand in der Mitte und mit zwei Schornsteinen an den Enden war sie die Vorläuferin der späteren Doppellokomotiven mit gelenkig verbundenen Hälften.

Um dieselbe Zeit kam die erste Baldwin-Lokomotive heraus: »Old Ironsides«, eine Anspielung auf Cromwells gepanzerte Reiter (siehe Abb. 1). Sie hatte einen liegenden Kessel, zwei angetriebene und zwei Laufräder, jene von 1,37 m, diese von 1,14 m Durchmesser. Die Lokomotive entwickelte eine Geschwindigkeit von 48 km in der Stunde, ebenso viel wie leerfahrend die »Atlantic«, mit einer Trieb- und einer Laufachse eine Zeitlang die Regelform bei der Baltimore und Ohio-Eisenbahn. Aus dem Jahre 1832 stammend, hatte sie wieder einen stehenden Kessel und ebensolche Zylinder von 25 cm Durchmesser und 51 cm Hub. Mit einer Last von 30 t legte sie eine Entfernung von 21 km in einer Stunde zurück. Sie wog 6,5 t. Über ihre Betriebskosten wurden sorgfältige Aufzeichnungen geführt; es ergab sich, dafs diese 16 Dollar täglich betrugen, während dieselbe Leistung mit Pferden 33 Dollar gekostet hätte.

Eine ähnliche Lokomotive wie die schon genannte »Experiment«, die »George Washington«, setzte die damalige technische Welt in Erstaunen. Es gelang ihr, eine Last von 14,4 t über eine 854 m lange, unter 1 : 14 geneigte Steilrampe mit einer Geschwindigkeit von 25 km/Std. zu befördern. Diese Leistung gab Anlafs, dafs man von da an wagte, die Eisenbahnen für Reibungsbetrieb mit erheblich steileren Neigungen als vorher anzulegen. Ähnlich gebaut war auch der »Pioneer«, die erste Lokomotive, die in Chicago einfuhr. 1836 gebaut, scheint sie als erste den lange Zeit kennzeichnenden amerikanischen Schornstein mit Erweiterung nach oben gehabt zu haben.

1837 wurde in Philadelphia die erste »American«-Lokomotive, also eine solche der Achsanordnung 2 B, nach dem Entwurf von H. R. Campbell gebaut. Von ihren zwei gekuppelten Achsen safs die eine vor, die andere hinter der Feuerbüchse. Da ihr eine Vorrichtung zur gleichmäfsigen Verteilung des Gewichts auf die Triebräder fehlte, lief sie hart; sie war aber ein guter Bergsteiger. Ihre beiden vorderen Laufachsen waren in einem Drehgestell gelagert.

Ähnlich gebaut war die »Mercury«, 1842 für die Baltimore und Ohio-Eisenbahn geschaffen. Sie war die erste Lokomotive, bei der die Stöfse der Laufräder durch lange Federn, die die beiden Achsen verbanden, aufgefangen wurden. Die Lokomotive entwickelte eine hohe Geschwindigkeit und erreichte oft das Mafs von einer Meile in der Minute (96 km in der Stunde), ein Ziel, nach dem in Ländern mit englischem Mafssystem schon immer gestrebt worden ist und dessen Erreichung auch heute noch eine ganz beachtenswerte Leistung ist. Die Zylinder der »Mercury« waren 51 cm lang und hatten 36 cm Durchmesser; ihre Triebräder hatten 1,52 m Durchmesser. Der Mangel der ersten »American«-Lokomotive, das Fehlen einer Vorrichtung zur gleichmäfsigen Verteilung des Gewichts auf die Triebachsen, war bei ihr beseitigt, und sie lief daher auch viel ruhiger als jene. Im Laufe des Jahres 1844 legte sie fast 60000 km zurück, was damals als Höchstleistung galt.

Um die Mitte der vierziger Jahre wurde mit dem Bau von 4/4 gekuppelten Lokomotiven begonnen. Die erste von ihnen wirbelte wegen ihres Gewichts, 23,5 t, bei der Probefahrt den Schmutz, der im Gleis lag, — für heutige Begriffe ein eigenartiges Gleis! — in solcher Menge auf, dafs sie den Namen »Mud Digger« erhielt. Die Baltimore und Ohio-Eisenbahn bestellte trotzdem eine Anzahl Lokomotiven dieser Bauart, die 20 Jahre im Dienst blieben. Zwischen Kolbenstange und Triebstange war ein Übertragungshebel eingeschaltet, und beide bewegten sich daher in entgegengesetzter Richtung, was einen eigenartigen Anblick gegeben haben mag. Bei der nächsten 4/4 gekuppelten Lokomotive, der »Atlas« aus den Baldwinwerken für die Philadelphia und Reading-Eisenbahn, wurde dieser Antrieb verlassen und die Bewegung des Kolbens unmittelbar auf den Kurbelzapfen der vierten Achse übertragen. Die Lokomotive, für den Schiebedienst bestimmt, wog 27 t. Ihre Zylinder hatten 44 cm Durchmesser. Sie war für Holzfeuerung eingerichtet und hatte eine Feuerbüchse von nur 0,8 m². Sie war vermutlich die stärkste Lokomotive, die bis dahin gebaut worden war.

Um dieselbe Zeit kam in Amerika auch die Bauart auf, die als Crampton-Lokomotive eine Zeitlang auch in Europa erhebliche Bedeutung erlangt hat. Ihre Triebräder hatten 2,44 m Durchmesser. Die Camden und Amboy-Eisenbahn beschaffte sieben solche Lokomotiven, war aber mit ihren Leistungen

wenig zufrieden, weil der kleine Kessel die grofsen Zylinder — 33 cm Durchmesser, 96,5 cm Hub — nicht genügend mit Dampf zu speisen vermochte. Die Räder zeigten Scheibenform, da die Zwischenräume der Speichen mit Holz ausgefüllt waren. Die Feuertür lag hinter der Triebachse und der Heizerstand in einer Grube in gleicher Höhe mit dem Boden des Aschfalls. Die Lokomotive wog etwa 21 t.

Obgleich vorher schon Lokomotiven mit vier angetriebenen Achsen gebaut waren, kam doch erst 1847 die erste Lokomotive mit drei Triebachsen heraus, die sich dauernd durchzusetzen vermochte. Mit einem führenden Drehgestell war die »Chesapeake« von Norris die Vorläuferin einer langen Reihe von 3/5 gekuppelten Lokomotiven.

Eine sehr eigenartige Lokomotive erschien im Juni 1848 bei der mehrfach genannten Baltimore und Ohio-Eisenbahn: Sie war sozusagen zweigeschossig, der Führerstand safs auf dem Kessel und erstreckte sich fast über seine ganze Länge. Die Lokomotive führte daher den bezeichnenden Namen »Camel«. Ihr Erbauer war R. Winans, der auch die »Mud Digger« entworfen hatte. Seine neue Lokomotive wies in ihren Einzelheiten eine Anzahl Neuerungen auf. Von ihren Rädern hatte nur das vordere und das hintere Paar Laufkränze, die gehärtet waren; im übrigen bestanden die Räder aus Gufseisen. Die Räder waren möglichst eng zusammengerückt; bei 1,09 m Durchmesser betrug der Radstand nur 3,42 m Man sieht der Bauart an, dafs sie auf das Befahren scharfer Krümmungen eingestellt war.

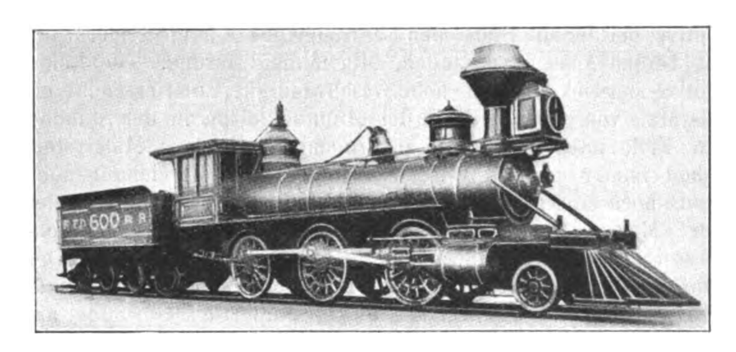


Abb. 2. Baltimore & Ohio Mogul Lokomotive ausgestellt im Jahre 1876.

Die zwei nächsten Lokomotiven, solche der Achsanordnung 2 B, zeichnen sich durch den grofsen Abstand des angetriebenen Achspaars von dem Laufachsenpaar aus. Die beiden letzteren lagen ganz vorn unter dem Schornsteinende des Kessels und vor ihm, die beiden ersteren ebenso weit nach hinten, so dafs der Kessel den Raum zwischen ihnen frei überbrückt. Da die Lokomotiven aufserdem noch weit vorgebaute Schienenräumer von der in Amerika beliebten schneepflugartigen Form hatten, boten sie ein eigenartiges Bild. Die erste von ihnen, »America«, 1854 gebaut, bildete das Vorbild für eine damals beliebte Bauart für Personenzuglokomotiven, und auch die zweite wurde vielfach nachgebaut. Man hatte bei ihr Wert darauf gelegt, nach damaligen Begriffen eine elegante Lokomotive herauszubringen, ohne zu den in jenen Jahren für diesen Zweck sonst angewandten Mitteln, blankes Messing und auffallender Anstrich, zu greifen; den Ansprüchen des heutigen Tages, der ebenfalls von einer Lokomotive nicht nur hohe Leistungen, sondern auch ein gutes, geschlossenes Bild verlangt, kann aber jene Lokomotive von 1857 in keiner von beiden Beziehungen mehr genügen. Eine Lokomotive dieser Bauart, Nr. 188, fiel im amerikanischen Bürgerkrieg mit manchen anderen Eisenbahnfahrzeugen in die Hände der Verbündeten und wurde von ihnen als das beste Stück ihrer Beute angesehen. Die »America« war für die damalige Zeit eine grofse Lokomotive: sie wog 23 t, wovon 16 t als Reibungsgewicht nutzbar gemacht waren. Die Triebräder hatten 1,68 m Durchmesser, die Zylinderabmessungen waren 43 zu 56 cm. Die Lokomotive soll zur Beförderung eines »Blitzzugs« (Lightning Train) zwischen Philadelphia und Baltimore gedient haben.

Die amerikanischen Lokomotivbauarten haben bekanntlich sonderbare Eigennamen; bei manchen von ihnen kann man sich denken, dafs der Name etwas mit ihrer Bauart oder ihrer Verwendung zu tun hat, so z. B. bei der Bezeichnung Prairie (1 C 1) und Mountain (2 D 1), und die Bauart Santa Fé (1 E 1) heifst so, weil sie bei der Santa Fé-Eisenbahn zuerst angewendet worden ist. Sprechende Namen sind auch Decapod (1 E) und auch den Grund für die Bezeichnung »Mastodon« (2 E) kann man sich denken, schwerer ist zu ergründen, warum eine amerikanische Maschine Adriatic (1 C 2) oder Baltic (2 C 2) heifst. Das erste Auftreten eines derartigen Namens finden wir bei der Bauart 1 C, die »Mogul« genannt wird, bei der durch Hinweis auf den Fürsten ihre Überlegenheit angedeutet werden sollte (siehe Abb. 2). Die Baldwin- und andere Werke, darunter Eastwick & Harrison, Norris, Milholland, hatten schon vorher Lokomotiven dieser Achsanordnung, zum Teil zur Ausfuhr nach Rufsland, gebaut, aber die erste Mogul-Maschine, die 1863 gebaut wurde, wies jenen gegenüber die Neuerung auf, dafs ihre führende Laufachse als Drehgestell ausgebildet und das Lokomotivgewicht auf diese Achse und die vorderste angetriebene Achse so übertragen wurde, dafs ein Ausgleich dieser Gewichte möglich war.

Eine höchst eigenartige Lokomotive wurde 1863 für die Philadelphia und Reading-Eisenbahn gebaut. Sie war wie die schon beschriebene »Camel« zweistöckig; im oberen Geschofs über dem Kessel war der Führerstand untergebracht. Die Lokomotive, »Pensylvania« genannt, von Milholland entworfen, übrigens eine Tenderlokomotive und auch in dieser Beziehung eine eigenartige Maschine, war die erste 6/6 gekuppelte Lokomotive. Ihre Zylinder waren 51 zu 66 cm grofs, ihre Räder hatten 1,09 m Durchmesser. Ihr Gewicht betrug 45,5 t. Sie sollte als Schiebelokomotive auf steilen Neigungen dienen, bewährte sich aber nicht. Sie war für die leicht gebauten Güterwagen jener Zeit eine Gefahr, und die grofse Anzahl ihrer Räder gab Anlafs zu Schwierigkeiten in Krümmungen; sie wurde daher bald umgebaut.

Schon 1864 hatte der Maschinenmeister der Pensylvania-Eisenbahn eine Baldwin-Lokomotive zur Bauart 1 D umgebaut, der seitdem für diese Achsanordnung üblich gewordene Name »Consolidation« kam aber erst 1866 auf, als die Baldwin-Werke einer neuen Lokomotive mit vier angetriebenen Achsen und einer Laufachse für die Lehigh Valley-Eisenbahn diesen Namen gaben, weil diese Eisenbahn damals gerade ihr Netz durch den Zusammenschlufs — Consolidation — mit einer Anzahl anderer kleinerer Eisenbahnunternehmen vergröfserte. Der Eigenname der einen Lokomotive bildete dann die Bezeichnung der Bauart. Jene Lokomotive aus dem Jahre 1866 wog bereits 41 t, wovon 36 t als Reibungsgewicht ausgenutzt wurden.

Schon im nächsten Jahr wurden die ersten »Decapods« gebaut. Sie waren ebenfalls für die Lehigh Valley-Eisenbahn bestimmt; sie machte aber mit ihnen in ihren krümmungsreichen Gebirgsstrecken keine guten Erfahrungen und liefs sie daher umbauen, indem sie von ihren fünf Triebachsen eine abnehmen und dafür zu der Laufachse am vorderen Ende eine zweite unter dem Tenderkasten hinzufügen liefs. Das Gewicht wurde dadurch von 44 t auf 48 t erhöht.

Die amerikanischen Lokomotiven jener Zeit zeichnen sich fast alle durch ihren weit vorgebauten Gleisräumer aus, der den Anblick einer solchen Lokomotive nicht gerade reizvoller macht. Im übrigen legte man aber damals Wert auf ein

prächtiges Äufsere der Lokomotiven. Am weitesten ging man in dieser Beziehung mit der Lokomotive »Commodore Vanderbilt«, einer Maschine der Bauart 2 B. Vor ihrem Schornstein war nach damaligem Gebrauch eine grofse rechteckige Laterne angebracht, die rechts und links das Ölbild des Commodore Vanderbilt trug. Die meisten ihrer äufserlich sichtbaren Einzelteile, sogar die Zylinder, dazu der Dampfdom, ferner die Handleiste und die Kanten der Laufbleche bestanden aus blankem Messing. Die Räder waren rot angestrichen und mit Gold abgesetzt. Die Lokomotive verkehrte bis 1905 in diesem Zustande.

J. E. Wootten hat die nach ihm benannte breite Feuerbüchse zwar nicht erfunden, aber ihren Wert erkannt. Er trat um 1880 so lebhaft für sie ein, dafs er wohl verdient, dafs sie seinen Namen führt. Sie hat sich bekanntlich bis heute erhalten. Mit ihrer Einführung begann eine Zeit, in der man sich mehr als bisher der Entwicklung der Kesselbauart widmete. Die erste der Lokomotiven mit dieser Feuerbüchse, für die Philadelphia und Reading-Eisenbahn gebaut, zeichnete sich durch die hohe Fahrgeschwindigkeit aus, die mit ihr erreicht wurde. Ihre grofse Rostfläche war dazu bestimmt, dafs auf ihr Anthrazit gebrannt würde, sie eignete sich aber auch für andere Kohlenarten.

Schon 1866 hatte Forney Patente für die nach ihm benannte Lokomotive für den Vorortverkehr genommen; sie wurde namentlich auf den Hochbahnen von New York und Chicago verwendet. In New York waren z. B. in den neunziger Jahren 300 solcher Lokomotiven im Betriebe. Die ersten derartigen Lokomotiven hatten zwei angetriebene Achsen und ein Drehgestell unter dem Führerstand; später wurde noch eine dritte Triebachse, zuweilen auch ein führendes Drehgestell hinzugefügt.

Schon 1856 war eine 2 D Lokomotive, die »Centipede«, gebaut worden, die 1863 in den Besitz der Ohio-Eisenbahn überging. 1880 wurde diese Bauart, die den Gattungsnamen »Mastodon« erhalten hat, wieder aufgegriffen, indem die Lehigh Valley-Eisenbahn den »Champion« in ihren Lokomotivpark einstellte. Die Lokomotive wog 46 t und entwickelte eine Zugkraft von 10 t. Ihre Triebräder waren 1,22 m grofs; ihre Zylindermafse waren 51 und 66 cm.

Eine in Amerika berühmte Lokomotive war die »999« der New York Central-Eisenbahn. Sie soll (wohl gemerkt »soll«) im Jahre 1883 den »Empire State Exprefs« mit einer Fahrgeschwindigkeit von 181 km befördert haben, eine Leistung, die, wenn sie überhaupt glaubhaft wäre, auch heute noch unerreicht dastehen würde. Sie hatte 2,18 m grofse Triebräder und arbeitete mit dem damals ungewöhnlich hohen Kesseldruck von 17,7 at. Ihr Gewicht betrug 56 t.

Ebenfalls hohe Geschwindigkeiten wurden mit der Bauart »Columbia« (1 B 1) erreicht, die 1892 aufkam. Derartige Lokomotiven mit untereinander etwas abweichender Bauart des Kessels wurden für mehrere Eisenbahngesellschaften gebaut, sie fanden aber auf die Dauer keinen Anklang, weil sich die einzelne führende Laufachse bei hohen Geschwindigkeiten nicht bewährte, obgleich andererseits die Laufachse unter dem Tenderkasten die Ausdehnung der Feuerbüchse nach hinten und damit die Vergröfserung der Rostfläche möglich machte.

Noch gröfsere Rostflächen wurden bei der »Atlantic«-Bauart (2 B 1) erreicht, von der die erste Lokomotive, 1895 von den Baldwin-Werken gebaut, dem Lokomotivpark der Atlantic-Coast-Eisenbahn angehörte. Eine dieser Lokomotiven diente im Juli und August 1897 zur Beförderung eines Ausflugsschnellzugs von Camden nach Atlantic City, der täglich aufser Sonntags verkehrte; es wird für diese Lokomotive der Ruhm in Anspruch genommen, dafs sie ihr Ziel regelmäfsig zur fahrplanmäfsigen Zeit erreichte und nicht ein Mal mit Verspätung ankam, obgleich ihr für die 89,3 km lange Strecke nur 52 Minuten Fahrzeit gegeben waren, was eine Stundengeschwindigkeit von 103 km bedeutet.

Die erste »Mikado«-Lokomotive (1 D 1) wurde zwar in Amerika gebaut, war aber nicht für eine amerikanische Eisenbahn, sondern für Japan bestimmt. Sie bedeutete eine Fortbildung der Bauart »Consolidation«. 1897 wurde diese Lokomotive für die Nippon-Eisenbahn, also in Meterspur, gebaut, und 1903 folgte die erste Mikado-Lokomotive in Regelspur; sie hat dann die Consolidation ziemlich verdrängt. Ein grofser Kessel und eine ausgedehnte Rostfläche machten es möglich, Dampf in grofsen Mengen zu erzeugen, so dafs sich die Lokomotive gut für schwere Lasten eignet.

Ähnlich wie die Mikado eine Fortbildung der Consolidation ist, ging die »Prairie«-Bauart (1 C 1) aus der Bauart Mogul durch Hinzufügen einer Laufachse unter dem Führerstand hervor. Sie wurde im Jahre 1900 zum erstenmal für die Chicago, Burlington und Quincy-Eisenbahn gebaut. Ihr Rost war zwar nicht sonderlich lang, dafür aber breit und war daher leichter von Hand zu beschicken, als wenn die gleiche Fläche durch Ausdehnung in der Längsrichtung erreicht worden wäre. Die Prairie-Bauart hat sich nicht auf die Dauer zu halten vermocht, sie wird nur noch selten gebaut und ist durch schwerere Lokomotiven verdrängt worden.

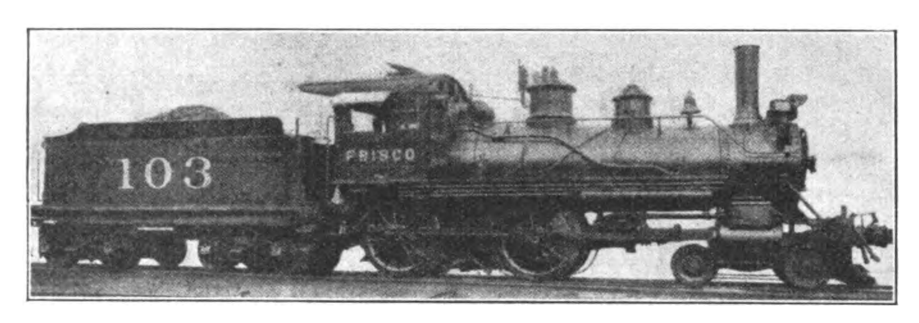


Abb. 3. 2 B Lokomotive aus dem Jahre 1881.

1901 bauten die Baldwin-Werke die erste 2 C 1-Lokomotive für die Staatsbahnen von Neuseeland, und zwei Jahre später brachte die American Locomotive Company eine Lokomotive derselben Bauart für die Missouri Pacific-Eisenbahn heraus, der sie die Gattungsbezeichnung »Pacific« beilegte. Hervorgegangen aus der Atlantic-Bauart durch Hinzufügung einer dritten gekuppelten Achse hat sie einen gröfseren Kessel und eine gröfsere Feuerbüchse, so dafs sie mehr Dampf erzeugen kann. Infolgedessen besitzt sie hohe Zugkraft und dient sowohl zur Beförderung von Personen- wie von schnellfahrenden Güterzügen.

Eine Vergröfserung der Bauart Mikado ist die Bauart »Santa Fé«, 1903 zum erstenmal von den Baldwin-Werken für die Santa Fé-Eisenbahn gebaut und danach benannt. Mit ihren fünf angetriebenen Achsen hat sie sich sehr bewährt und die Mikado-Lokomotive in vielen Fällen verdrängt. Die Santa Fé-Bauart ist, abgesehen von den Gelenklokomotiven, die schwerste unter den Lokomotiven Amerikas; man ist mit ihr bis zu einem Gewicht von 175 t gegangen.

Von den eben erwähnten, aus zwei gelenkig verbundenen Teilen bestehende Lokomotiven, unter dem Namen »Mallet« bekannt, obgleich der französische Fachmann dieses Namens mehr an der Überhitzung als an der Zusammensetzung dieser

Lokomotive aus zwei Hälften beteiligt ist, war die erste eine CC-Lokomotive aus dem Jahre 1904 für die Baltimore und Ohio-Eisenbahn; sie wog 150 t, ein heute überholtes Gewicht, aber für die damalige Zeit etwas ganz ungewöhnliches. Sie wurde als Neuerung auf der Weltausstellung in St. Louis gezeigt. Die schwerste dieser Lokomotiven, für die Virginia-Eisenbahn gebaut, mit zweimal fünf angetriebenen Achsen wiegt 310 t.

Dient diese Lokomotive ausschliefslich dem Güterzugdienst, so ist die Bauart »Mountain« (2 D 1) die schwere Lokomotive für den Personenzugverkehr mit schweren Zügen auf Strecken mit steilen Neigungen; auch für schnellfahrende Güterzüge wird sie zuweilen benutzt. Die erste dieser Lokomotiven, 1912 von der American Locomotive Company für die Chesapeake und Ohio-Eisenbahn erbaut, wog 150 t und besafs eine Zugkraft von 26 t. Sie ist eine Fortbildung der Pacific-Bauart und zeichnet sich durch ihren grofsen Kessel und hohe Dampfentwicklung aus.

Schon in den vierziger Jahren wurden in Amerika Dreizylinder-Lokomotiven gebaut, und einige Versuche auf diesem Gebiet finden sich wieder um 1880 und Anfang der neunziger Jahre. 1912 wurde der Gedanke, drei Zylinder anzuordnen, wieder aufgegriffen und im neuzeitlichen Sinne in die Wirklichkeit übertragen. Die American Locomotive Company baute eine Anzahl solcher Lokomotiven, unter denen eine der ersten 1923 für die Lehigh Valley-Eisenbahn geliefert wurde. Ihre drei Zylinder haben 63 cm Durchmesser und 71 cm Hub. Die Lokomotive wiegt 167,5 t und kann eine Zugkraft von 29,9 t entwickeln.

Damit sind wir bei den amerikanischen Riesenlokomotiven des heutigen Tages angelangt, von denen noch »Horatio Allen«, 1924 für die Delaware und Hudson-Eisenbahn gebaut, als Hochdrucklokomotive genannt sei. Der überhitzte Dampf hat einen Druck von 24,6 at und wird in einem Niederdruckzylinder nochmals mit 6,3 at Druck ausgenutzt. Besonders gerühmt wird an dieser Lokomotive der sparsame Kohlenverbrauch. Sie wiegt 158 t; die Zugkraft beträgt 39 t bei einfacher Dampfdehnung, 32,5 t bei Verbundwirkung und kann durch einen Zusatzmotor noch um 8,9 t gesteigert werden.

Im Frühling 1925 sind der Southern Pacific-Eisenbahn von der American Locomotive Company 16 Dreizylinder-Lokomotiven mit Ölfeuerung geliefert worden, die für die schwersten steifgekuppelten Lokomotiven der Welt gelten. Eine solche Lokomotive wiegt 200 t, wovon 143 t als Reibungsgewicht ausgenutzt werden. Die Triebräder haben 161 cm Durchmesser. Zwei von den Zylindern haben 63,5 cm Durchmesser bei 71 cm Hub, beim dritten sind die entsprechenden Mafse 63,5 cm und 81 cm. Der Dampfdruck beträgt 15,8 at. Mit dem Zusatzmotor leistet die Lokomotive 43,4 t an Zugkraft. Der sechsachsige Tender fafst 15 m³ Heizöl.

Als besonders bemerkenswert unter den neueren amerikanischen Lokomotiven gilt auch die Bauart »Lima« (1 D 2), die seit Februar 1925 bei der Boston und Albany-Eisenbahn für den Güterzugdienst benutzt wird. Sie hat einen 100 Quadratfufs (9,29 m²) grofsen Rost. Ihr Gewicht beträgt 175 t, das Reibungsgewicht 112,7 t. Die Zugkraft, 31,5 t, kann durch einen Zusatzmotor auf 37,5 t gesteigert werden. Um die Anpassungsfähigkeit dieser Lokomotive zu zeigen, liefs man sie einen Schnellzug von Chicago nach Minneapolis befördern, ohne dafs sie unterwegs vom Zug getrennt wurde. Der Zug bestand aus 16 Wagen, ganz aus Stahl gebaut, und wog 1200 t. Der 679 km weite Weg wurde ohne Anstand in 13 Stunden 29 Minuten zurückgelegt. Die Boston und Albany-Eisenbahn hat 25 solche Lokomotiven bestellt.

Der Zug ins Grofse, der die amerikanische Denkweise beherrscht, zeigt sich bei drei Lokomotivbauarten, die die Union Pacific-Eisenbahn neuerdings unter den Nummern 7000, 8000 und 9000 in ihren Betriebsmittelpark eingestellt hat. Nr. 7000 (Abb. 4) hat die Bauart 2 D 1, unter dem Namen Mountain bekannt, bietet also insofern nichts besonderes; Nr. 8000 mit der Radanordnung 2 E 1, als Bauart »Overland« bezeichnet, dient dem schweren Güterzugverkehr, während Nr. 7000 für Schnellzüge bestimmt ist. Beide werden überragt von Nr. 9000, einer Güterzuglokomotive mit der Radanordnung 2 F 1. Sie gilt für die gröfste, schnellste und leistungsfähigste einteilige Dampflokomotive des heutigen Tages, die Güterzüge mit Personenzuggeschwindigkeit befördern kann. Ihr Gewicht beträgt einschliefslich des sechsachsigen Tenders 355 t. Ihre Länge ist 31,27 m. Ihr Rost ist 10 m² grofs. Ihre drei Zylinder haben 686 mm Durchmesser, die zwei äufseren haben 813 mm, der innere hat 838 mm Hub. Die Lokomotive entwickelt eine Geschwindigkeit von 80 km/Std. und eine Zugkraft von 43,8 t; sie leistet 4330 PS. Sie führt einen Wasservorrat von 57 m³ und einen Kohlenvorrat von 21 t mit sich, von denen in der Stunde, der Feuerung mechanisch zugeführt, 6 bis 7 t verbraucht werden. Die Triebräder haben einen Durchmesser von 1,70 m. Die Lokomotive bedeutet im ganzen eine Neuerung, setzt sich aber aus einer Anzahl bekannter Einzelheiten zusammen, an denen allerdings in gemeinschaftlicher Arbeit der technischen Beamten der Union Pacific-Eisenbahn und der American Locomotive Company zahlreiche Verbesserungen angebracht worden sind.

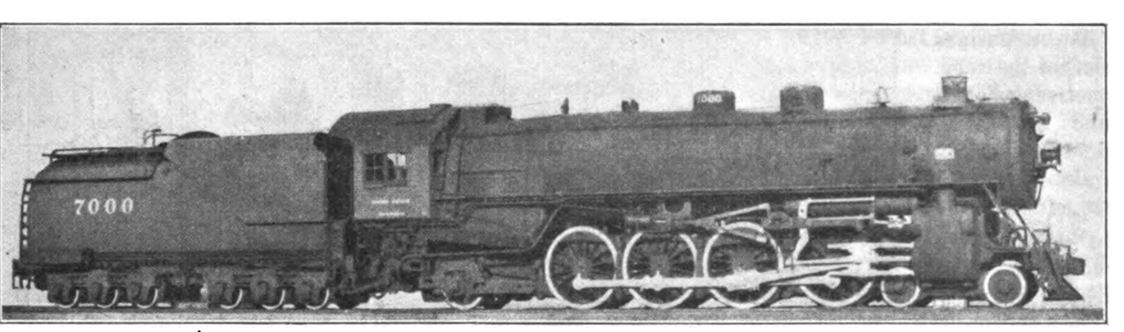


Abb. 4. Union Pacific Personenzuglokomotive Nr. 7000.

Für die vorstehenden Beschreibungen einzelner amerikanischer Lokomotiven hat zum Teil eine Veröffentlichung der Central Steel Company in Massillon, Ohio, als Quelle gedient, der auch ein Teil der Bilder entnommen ist. Das sehr vornehm ausgestattete Buch kann natürlich keine erschöpfende Geschichte des amerikanischen Lokomotivbaus bieten und noch viel weniger soll das der vorstehende Überblick; es sollen vielmehr nur einige Marksteine aus der Entwicklung herausgegriffen werden, die dieses wichtige Gebiet neuzeitlicher Technik in den letzten 100 Jahren durchgemacht hat. Diese Entwicklung ist zum Teil sprunghaft, zum Teil stetig verlaufen, geradezu verblüffend wird es aber, wenn man einmal Anfang und Ende nebeneinander hält. Neben manchem, was schon die ersten Lokomotivbauer richtig entworfen haben, finden sich bei den neueren Lokomotiven natürlich auch bauliche und grundsätzliche Unterschiede; erstaunlich ist besonders der Fortschritt, der in der Gröfse der Lokomotiven gemacht worden ist. Insofern ist aber die Entwicklung der letzten 100 Jahre geradlinig gewesen, als die Kolbendampflokomotive auch heute noch ihren Platz behauptet.

Es sind allerdings in den letzten Jahren einige neue Gedanken in bezug auf den Antrieb verwirklicht worden. Die Diesellokomotive und die Turbinenlokomotive sind aber über den Versuch noch nicht hinausgediehen und nur die elektrische Lokomotive hat neben der Kolbendampflokomotive bis jetzt praktische Bedeutung für den Eisenbahnbetrieb erlangt. Man kann natürlich heute nicht sagen, wohin die zukünftige Entwicklung führen wird, so viel kann aber wohl mit Sicherheit angenommen werden, dafs der Kolbendampflokomotive, mögen neben ihr auch andere Arten des Antriebs auftreten, noch ein langes, ereignisreiches Leben beschieden sein wird. Die nächsten Neuerungen dürften voraussichtlich auf dem Gebiet einer Erhöhung des Kesseldrucks liegen. Hat Amerika in bezug auf das Lokomotivgewicht und gewisse Besonderheiten, die mit der Gröfse der Lokomotive in Verbindung stehen, die Führung übernommen, so ist ihm Europa, und zwar Deutschland, zur Zeit im Kesseldruck weit vorausgeeilt. War doch auf der Verkehrsausstellung in München eine Lokomotive für 60 at Dampfdruck ausgestellt, während in Amerika die höchste, in dieser Hinsicht erreichte Zahl 24 at sind. Der amerikanische Lokomotivbau wird sich aber sicher die durch Beschreiten dieses Weges gebotenen Möglichkeiten nicht entgehen lassen, und so sind in der nächsten Zeit wohl grundlegende Neuerungen im Eisenbahnmaschinenwesen der Vereinigten Staaten nicht ausgeschlossen. In einem solchen Zeitpunkt hat es besonderen Reiz, auch einmal rückwärts zu schauen, wie es vorstehend geschehen ist.

Berichte.

Werkstätten, Stoffwesen.

Werkstattswirtschaft der Deutschen Reichsbahn-Gesellschaft.

In der Deutschen Maschinentechnischen Gesellschaft sprach Reichsbahndirektor Geheimer Baurat Dr. Ing. Kühne kürzlich über die „Weitere Entwicklung des Werkstättenwesens und der Werkwirtschaft bei der Deutschen Reichsbahn-Gesellschaft“. Die nach dem Kriege eingeleitete Umstellung der Ausbesserungswerke der Deutschen Reichsbahn von der handwerksmäfsigen Ausbesserung auf wirtschaftliche Betriebsführung macht in ihren Erfolgen immer weitere Fortschritte. Die neuzeitlichen Arbeitsverfahren in planmäfsiger Folge der Arbeitsvorgänge mit hinreichender Unterteilung und teilweiser Anwendung der fliefsenden Fertigung, der Übergang zum Vorrats- und Austauschbau soweit angängig, haben zu einer erheblichen Beschleunigung der Ausbesserungen geführt, ohne dafs dabei die Güte der Arbeit leidet, da sorgfältige Arbeitsprüfung stattfindet. Es ist erreicht, dafs zur Hauptausbesserung einer Lokomotive heute im Durchschnitt nur noch 40 Tage gegenüber 110 Tagen vor dem Kriege benötigt werden. Dabei sind bereits aufsergewöhnliche Spitzenleistungen zu verzeichnen. Im Ausbesserungswerk Sebaldsbrück ist die Hauptausbesserung einer Lokomotive der Type G 8 nach vorhergehender sorgfältiger Vorbereitung in 30 Stunden ausgeführt worden und erst nach einer Laufzeit von 27 Monaten ist die Lokomotive zur Hauptausbesserung in die Werkstatt zurückgekehrt. Die Zahl der Ausbesserungsstände ist heute für die Bewertung der Leistung einer Werkstatt nicht mehr mafsgebend, sondern die Höhe des Umschlags auf dem Stand, der wesentlich höher ist, als vor dem Kriege, so dafs viele Stände in den Richthallen für Fertigungswerkstätten freigegeben werden konnten. Z. B. genügen in einem Lokomotivausbesserungswerk, dem 750 Lokomotiven zur Instandhaltung zugewiesen sind, zwölf Stände. Die Laufzeit der Lokomotiven zwischen zwei Hauptausbesserungen beträgt heute 76000 km, Personen- und Schnellzugslokomotiven erzielen im Durchschnitt über 100000 km und nicht vereinzelt 250000 km und mehr. Amerikanische Arbeitsmethoden wie das Honing- und Lappingverfahren müssen in die Werkstätten übernommen werden. Die Schleifarbeiten treten damit stärker hervor. Im übrigen wendet die Reichsbahn bereits alle neuzeitlichen Arbeitsverfahren an; auch geprefste Teile an Stelle von gufseisernen werden verwendet. Die vorgeschriebenen Toleranzen werden eingehalten. Die konstruktive Fortentwicklung der Fahrzeuge mufs in der Richtung einfacher Unterhaltung liegen.

Zur sachgemäfsen Leitung der Werke ist die betriebswirtschaftliche Vollabrechnung Bedürfnis geworden. Sie ist bei sechs Werken eingeführt, hat aber vorerst nur statistischen Charakter. Daneben läuft die alte Abrechnungsart nach kameralistischem Prinzip. Die neue Abrechnung ist nach den verschiedenen Fahrzeugarten unterteilt und läfst auch die auf die Lokomotiv- und Wagenachskilometer entfallenden Kosten erkennen, welche die Grundlage für alle tarifarischen Mafsnahmen bilden und auch bei anderen Bahnverwaltungen im Gebrauch sind. Im Durchschnitt entfallen auf 100000 Achskilometer 3,6 Arbeiter (in Italien 3,91). Die Unterhaltungskosten für 1000 Lokomotivkilometer betragen im Durchschnitt 320 M, in Amerika 900 bis 1000 M (Dollar = 4,2 M). Die kilometrische Leistung der amerikanischen Lokomotiven zwischen zwei Hauptausbesserungen ist im allgemeinen geringer als bei der Reichsbahn. Die Unterhaltungskosten für 1000 Personenwagenachskilometer haben sich zu 16 M ergeben. Das Anlagekapital des gesamten deutschen Fahrparks beträgt rund 7 Milliarden M und es ergibt sich, dafs die Unterhaltungskosten im Durchschnitt aller Fahrzeuge 8,7% des Anlagekapitals betragen, während es vor dem Kriege 9,7% waren. Hierbei mufs man beachten, dafs die Ausbesserungen vielfach umfangreicher geworden sind als vor dem Krieg. Die Zahl der Heifsdampflokomotiven, der Lokomotiven mit Kipprosten, Bremse und Schlammabscheider hat sich vergröfsert. Die Unterhaltung der durchgehenden Güterzugbremse ist hinzugekommen. Die Vermessung der Fahrzeuge wird wesentlich sorgfältiger gehandhabt. Die Einrichtungen der Fliefsarbeit erfordern Unterhaltungskosten. Dies sind Mehr- und Sonderleistungen, die vor dem Kriege nicht vorhanden waren. Die hierauf entfallenden Arbeiter sind bei vorsichtiger Schätzung mit etwa 17000 in Ansatz zu bringen. Die Neubeschaffungen sind wesentlich geringer als vor dem Kriege.

Przygode.

Lokomotiven und Wagen.

Personenwagen der französischen Südbahn aus Stahl.

Hierzu Tafel 22.

Bereits vor dem Kriege beschäftigten sich französische Bahnen, dem amerikanischen Beispiel folgend, mit dem Gedanken, Stahlwagen für Schnellzüge zu bauen. Seit 1910 laufen auf den elektrisch betriebenen Vorortstrecken von Paris eine Reihe von Stahlwagen, desgleichen auf den Untergrundbahnen, wo teilweise auch die Sitzplätze aus stark elastischem Stahlblech gefertigt sind.

1921 wurde ein Modell gebaut, in dem überhaupt kein Holz mehr verwendet wurde. Ein eingehendes Studium liefs jedoch erkennen, dafs es möglich wäre Holz für einige nebensächlichere Bauteile: Fenster- und Türrahmen, sowie Zierleisten, zu verwenden ohne eine Brand- oder Splittergefahr bei Zusammenstöfsen wieder heraufzubeschwören.

Hierauf wurde ein vierachsiger Versuchswagen mit drei Abteilen I. und fünf Abteilen II. Klasse, Seitengang und zwei Aborten erstellt. Um an Gewicht zu sparen und die Stahlwagen nicht wesentlich schwerer zu machen als die bisherigen Holzwagen ging man von der klassischen Bauweise, einen widerstandslosen Kasten auf einen widerstandsfähigen Rahmen zu setzen, ab und bezog die ganzen Wände als tragende Glieder in die Konstruktion ein. Der Rahmen wurde dadurch leichter, weil er nur noch dem Horizontalabzug und -Stofs in der Fahrrichtung zu widerstehen brauchte und ihm gegenüber den Vertikalkräften nur noch die Rolle eines Brückenuntergurtes zufiel. Die Seitenwände, der Fufsboden und das Dach sind so miteinander verbunden, dafs sie einer Kastenbrücke ähneln. Um die unvermeidlichen Geräusche infolge der Schwingungen der Konstruktionsbleche zu dämpfen, sowie um eine genügende Wärmeisolierung zu schaffen hat man Korkplatten von 10 mm Stärke auf den Konstruktions- und Verkleidungsblechen vorgesehen.

Der Versuchswagen wurde von den Ateliers de Construction du Nord de la France in Blanc-Misseron hergestellt. Er hat 21570 mm

über Puffer, eine Kartenlänge von 20280 mm, einen Drehzapfenabstand von 14680 mm und 2500 mm Achsabstand im Drehgestell. Er ist mit Westinghouse-Schnellbremseinrichtung, elektrische Beleuchtung nach Vickers (London), Handbremsen und Heizanlagen nach Westinghouse ausgerüstet. Die Zahl der Sitzplätze ist 58. Die Südbahn hat nach Erprobung 40 solcher Wagen bestellt. Der Fußboden ist im ganzen Wagen aus Wellblech mit eingegossenem Terrazolith und in der II. Klasse einschliefslich des Ganges mit Linoleum, in der I. Klasse einschliefslich des Ganges mit Matten bedeckt In der Heizzeit steht in den Aborten auch Warmwasser zu Waschzwecken zur Verfügung. Im Falle von Schäden an der elektrischen Beleuchtungsanlage kann durch ein mitgeführtes Kabel der Wagen an den Nachbarwagen angeschlosssen werden, worauf dann beide Wagen auf halbe Lampenzahl geschaltet werden.

Die auf Taf. 22 wiedergegebenen Abbildungen zeigen die Bauart des Kastengerippes und Einzelheiten der Verbindungen. Der Rahmen besteht aus Profileisen und Schmiedestücken, er wird durch Querstücke und durch den Wellblechboden, der mit Magnesiumzement (Terrazolith) bedeckt ist, versteift (Abb. 4, Taf. 22).

Wie erwähnt, wirken die Seitenwände wie ein Gitterträger, der sich wie folgt zusammensetzt: Als Untergurt ist ein U-Eisen von $200 \times 91{,}5 \times 10$ nebst einem Winkeleisen von $80 \times 80 \times 10$, die auf einem Sohlblech von 8 mm ruhen, verwendet; als Obergurt zwei Winkeleisen von $120 \times 80 \times 10$ und $80 \times 60 \times 8$, und als Streben Z-Eisen von $85 \times 65 \times 50 \times 6$, die an Ober- und Untergurt genietet sind. Auf ihnen ist das 3 mm starke Aufsenblech befestigt, das der Höhe nach durch drei wagrechte, U-förmig gebogene 2 mm starke Blechstreifen versteift wird.

Die Zug- und Stofskräfte werden unmittelbar bis zum Drehzapfenquerträger übertragen. Die innere Teilung des Wagens wird durch Doppelwände aus 1 bzw. 1,5 mm starken Blechen gebildet, die auf Teakholzbalken mit Holzschrauben aus Messing befestigt sind. Für das Dach ist 1,5 mm Blech aufsen und 1 mm Blech innen verwendet. Messingholzschrauben wurden angewendet um das wiederholte Auseinandernehmen zu erleichtern. Die Drehgestelle sind von derselben Bauart wie diejenigen für die neueren elektrischen Vorortebahnwagen für Paris. Der Achsstand ist 2500 mm. Das Gewicht des ganzen Wagens ist 43,8 t, während amerikanische Wagen Gewichte von nahezu 60 t aufweisen. Der in seinen tragenden Teilen fertige Wagen wurde wie folgt belastet:

4,5 t für Belastung durch die Reisenden,
4,0 t für eine Überlast an Reisenden,
3,0 t als Sicherheitslast.

Dabei betrug die Durchbiegung in der Mitte etwa 1,8 mm. Ferner wurde der Wagen mit 30 Mann belastet, welche lotrechte rhythmische Schwingungen erzeugten, wobei etwa noch 8,5 t übernormale Last vorhanden waren. Hierbei war die Schwingungswellenhöhe etwa 1 mm.

Der Stahlwagen wurde 1925 auf der Exposition des Arts. Décoratifs et Industriels in Paris gezeigt. Durch einen Zufall wurde dieser Wagen nach Beendigung der Ausstellung einer harten Probe unterzogen, die besser als alle einzelnen Proben in der Fabrik oder rechnerische Überlegungen erwies, welche Widerstandsfähigkeit er besitzt. Gelegentlich einer Verschiebebewegung am Bahnhof Bercy wurde der Wagen von einer kleinen 38 t schweren Lokomotive geschoben und stiefs infolge eines Irrtums des Weichenstellers auf einen Gütereilzug, der von einer 100 t Lokomotive gezogen wurde und 325 t schwer war. Im Augenblick des Zusammenstofses war die Geschwindigkeit des Zuges noch 35 km/h. Der Wagen war also einerseits von 425, andererseits von 38 t eingeschlossen. Durch den Stofs wurde der Stahlwagen und die Verschiebelokomotive zurückgeschleudert, wobei das rückwärtige Drehgestell entgleiste und der Wagen dadurch etwas aus der Gleisachse kam. Dadurch schnell wieder zum Stillstand gekommen, konnte der Zug nochmals auf den Wagen stofsen, diesmal verfehlten sich die Puffer, der Stofs ging also auf das Kopfstück. Bei dieser Gelegenheit wurde der Zughaken abgesprengt. Durch den zweiten Stofs wurde der entgleiste Wagen nochmals fortgeschoben und stiefs gegen den Pfeiler einer Steinbrücke, um bei der darauf folgenden Eisenbrücke mit dem Dach am Pfeiler zu streifen. Der erste Pfeiler der Eisenbrücke gab nach, während der zweite Pfeiler dieser Brücke den Wagen zum Stillstand brachte. Der ganze Weg des Wagens war etwa 17 m.

Die Schäden am Wagen waren folgende: die Kupplung und die Puffer wurden abgeschert. Es brach keine einzige Fensterscheibe im ganzen Wagen. Ein Türflügel und die Steigleiter wurden infolge Streifens am Brückenpfeiler an der Stirnwand leicht beschädigt. Auf der Seite gegen die Güterzuglokomotive gab das getroffene Kopfstück etwas nach, so dafs sich das Bodenblech der Endbühne stauchte und leichte Risse im Terrazolithbelag auftraten. Dadurch konnte eine Seitentür nicht mehr geöffnet werden.

Schlechter erging es den Lokomotiven. Bei der Verschiebelokomotive wurde das Kopfstück aus stahlblechverkleidetem Eichenholz vollkommen zertrümmert, die Längsträger waren um 50 mm verbogen, die Rauchkammertür war gänzlich zertört. Bei der Güterzuglokomotive wurde das Kopfstück verbogen und aufgerissen und die Puffer losgerissen.

Der Unfall hat eine ungewollte, aber gute Gelegenheit gegeben die Widerstandsfähigkeit von Stahlwagen zu erproben. Hom.

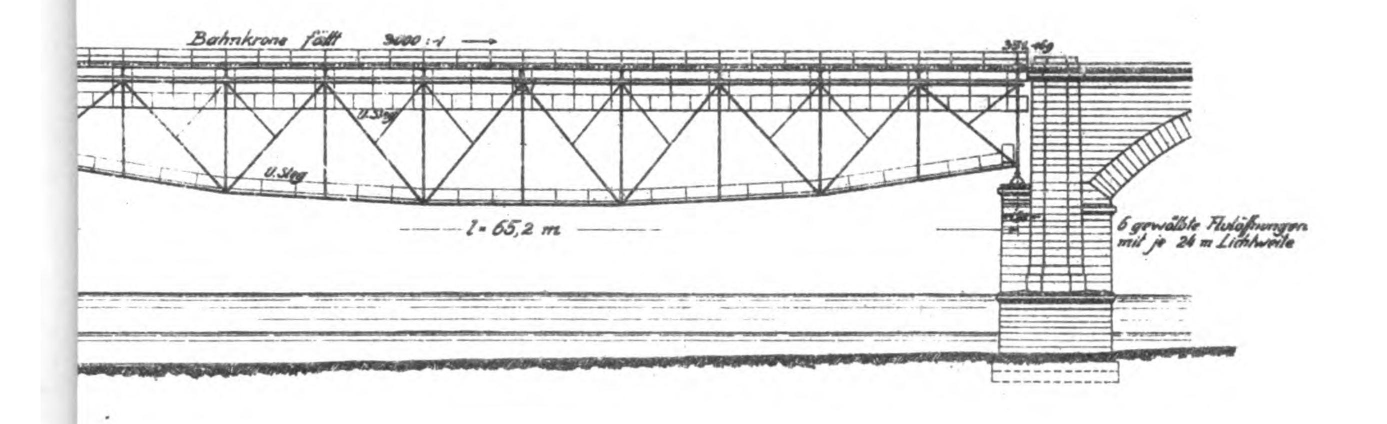
Ein neuer dieselelektrischer Triebwagen.

Die Schweizerischen Bundesbahnen haben vor nicht zu langer Zeit die Versuchsfahrten mit einem neuen Triebwagen abgeschlossen, der mit einem Dieselmotor von 250 PS-Leistung und elektrischer Kraftübertragung arbeitet. Der Motor ist von Gebrüder Sulzer, A.-G., in Winterthur, der elektrische Teil von Brown, Boveri & Cie. und der mechanische Teil von der Schweizerischen Industriegesellschaft in Neuhausen ausgeführt. Der Wagen hat Regelspur, ist 20,3 m lang, vierachsig und wiegt 57 t. Hiervon entfallen auf den mechanischen Teil 38 t, auf den elektrischen Teil ohne Anwurfbatterie 10 t, auf den Dieselmotor 7,8 t und auf die Anwurfbatterie 1,2 t. Die gröfste Zugkraft am Radumfang beträgt 4600 kg, die Dauerzugkraft bei 60 km/h Fahrgeschwindigkeit 700 kg, bei 30 km/h 1400 kg und bei 20 km/h 2100 kg. Der Wagen hat mittleren Eingang, zwei Personenabteile, ein geräumiges Gepäckabteil und an beiden Stirnseiten Führerstände. Der 4,3 m lange Maschinenraum schliefst sich an das Gepäckabteil an. Der Motor ist ein Viertakt-Dieselmotor ohne Verdichter mit acht V-förmig angeordneten Zylindern, und leistet bei 550 Umläufen/min 250 PS an der Welle. Der mit ihm unmittelbar gekuppelte sechspolige Gleichstromerzeuger gibt 325 Ampère bei 750 Volt ab. Beim Anwerfen des Dieselmotors wird der Stromerzeuger über eine besondere Erregerwicklung als Reihenschlufsmotor geschaltet. Der Strom zu seinem Antrieb wird einer Nickel-Eisenbatterie von 90 Zellen und 160 Amperestunden Kapazität bei einstündiger Entladung entnommen. Die Batterie wird durch die Erregermaschine aufgeladen. die auch die Hilfsmaschinen mit Strom versorgt.

Das Kühlwasser läuft durch einen Dachkühler, durch den ein Ventilator von 10 PS Luft bläst. Zur Aufrechterhaltung der dem Motor zuträglichsten Kühlwassertemperatur sind mehrere Stufen des Kühlers abschaltbar. Im Winter wird das erwärmte Kühlwasser der Wagenheizung zugeführt. Aufserdem ist elektrische Heizung vorgesehen. Da der Triebwagen nur durch einen Mann bedient wird, so sind eine Totemannkurbel und ein Fufskontakt vorhanden, die der Führer betätigen mufs, damit nicht die Erregung abgeschaltet und die Notbremse in Tätigkeit gesetzt wird. Indessen tritt diese Einrichtung erst in Wirksamkeit, wenn die Fahrgeschwindigkeit 20 km/h überschreitet. Die beiden in einem Drehgestell liegenden Triebmotoren sind eigengelüftete Achsmotoren in Strafsenbahnaufhängung von 70,5 kW Stunden- und 56,5 kW Dauerleistung. Durch Widerstände im Erregerstromkreis wird die Motorenspannung bei Hintereinanderschaltung zwischen Null und 750 Volt, bei Parallelschaltung zwischen 300 und 750 Volt geändert.

Bei den Versuchsfahrten (der Wagen ist bereits seit mehr als einem Jahre in ständigem Betrieb), hat ein 77 t schwerer Zug, bestehend aus dem Triebwagen und einem Anhänger, 6,7 g Brennstoff für 1 tkm verbraucht. Bei 26,3 v. T. Steigung erreichte der Triebwagen ohne Anhänger rund 27 km/h Geschwindigkeit und in der Steigung 21 v. T. mit 20 t Anhängelast 26 km/h, während in der Ebene die höchste Fahrgeschwindigkeit 60 km/h betrug. E. H.

Für die Schriftleitung verantwortlich: Reichsbahnoberrat Dr. Ing. H. Uebelacker in Nürnberg. — C. W. Kreidel's Verlag in München.
Druck von Carl Ritter, G. m. b. H. in Wiesbaden.


Bahnkrone fällt 3400 : 1
l = 65,2 m
6 gewölbte Flutöffnungen
mit je 24 m Lichtweite

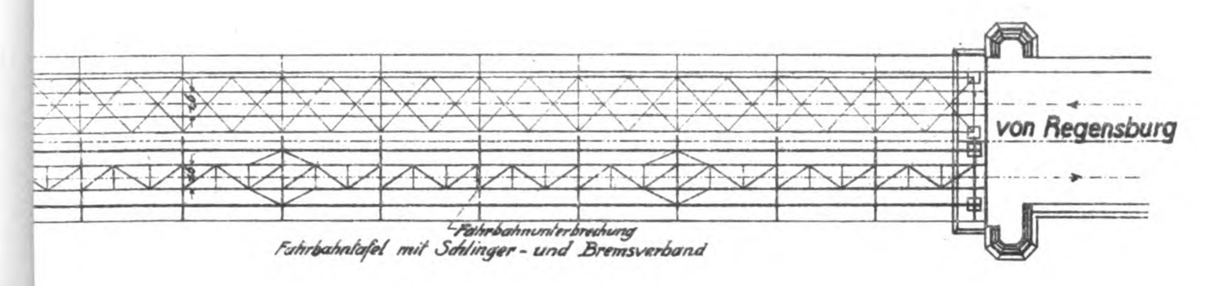
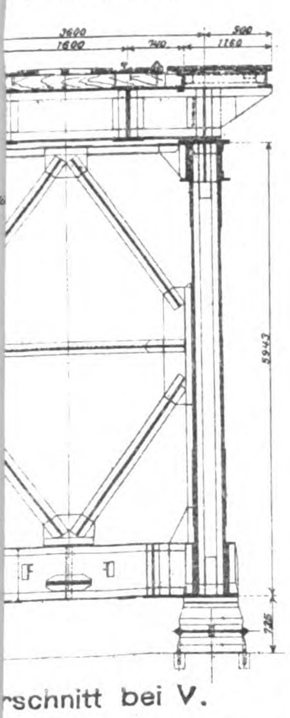
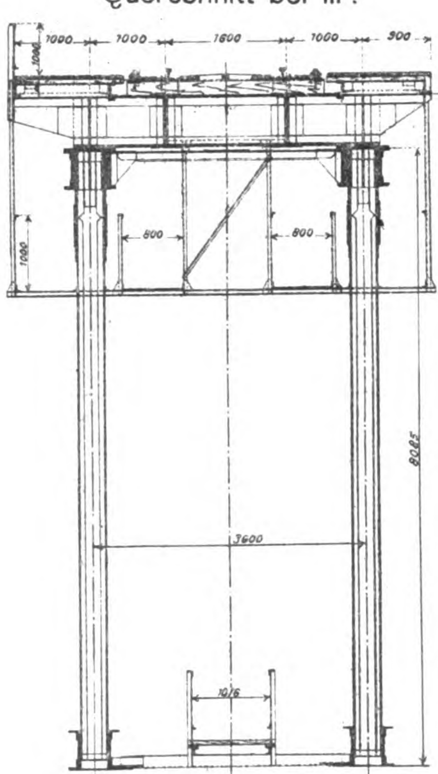
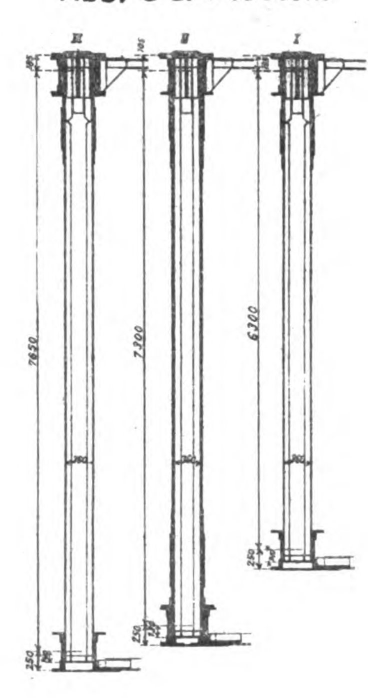

von Regensburg
Fahrbahnunterbrechung
Fahrbahntafel mit Schlinger- und Bremsverband



Abb. 3.


querrahmen.
rschnitt bei V.


Querschnitt bei III .

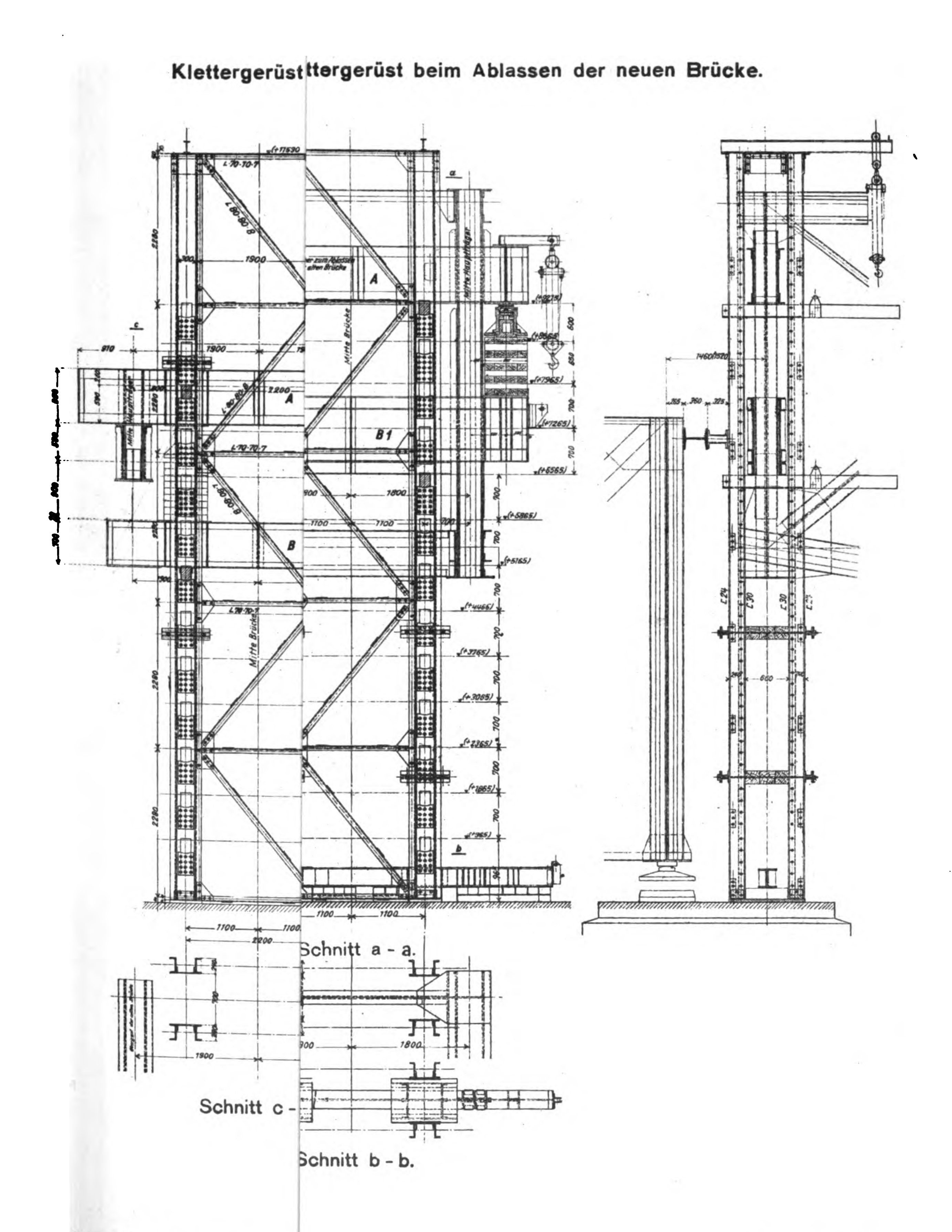

Abb. 3a. Pfosten.

Organ

9.

riaort.

Klettergerüst ttergerüst beim Ablassen der neuen Brücke.



Lith. Anst. v. F. Wirtz, Darmstadt.
C. W. Kreidel's Verlag, München.

bei Ma

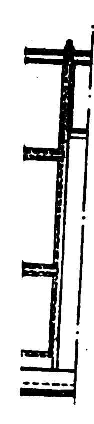
ɔei Mar

Stahl.

die Verbindungen
ınd der Abteile.

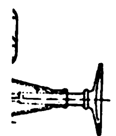


Eingang
zum Abteil.

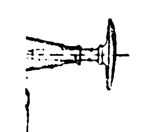


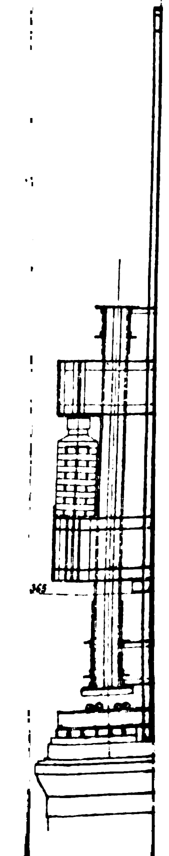
ȷen
ȷang.











ɔel's Verlag, München.

Zum Bericht: Personenwagen der französischen Südbahn aus Stahl.

Kork

Kork

Abb. 1. Schnitt durch die Außenwand.

Schnitt durch die Verbindungen des Ganges und der Abteile.

Abteil. Abteil.

Gang.

Abteil.

Eingang zum Abteil.

Gang.

Abb. 2.

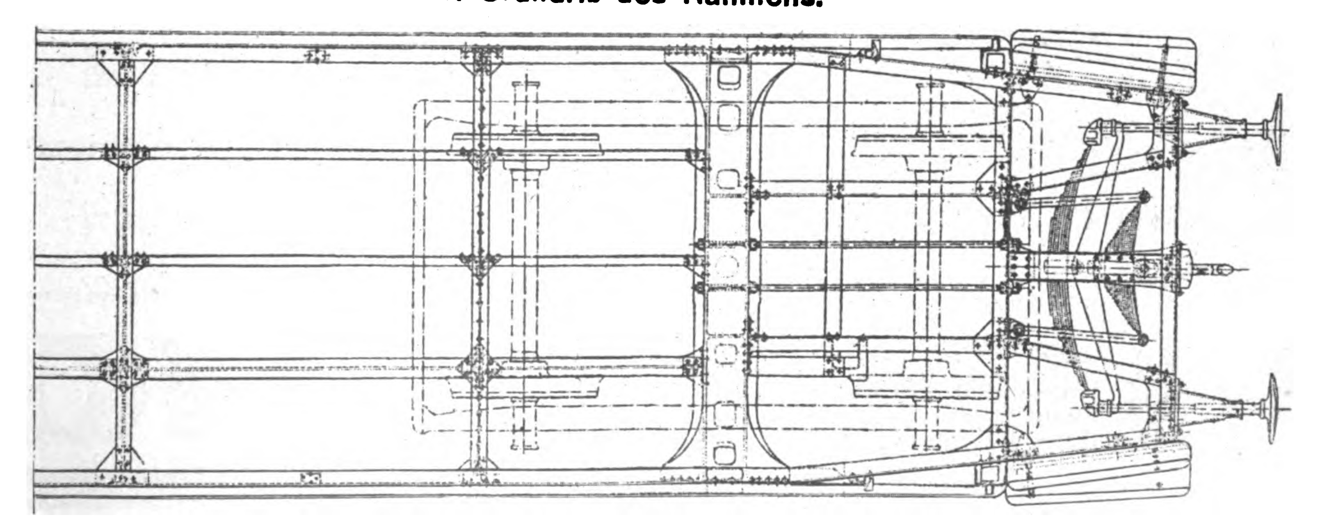
Querschnitt.

Längsschnitt.

Verbindungen am Seitengang.

Abb. 3.

4. Grundriß des Rahmens.





1927
82. Jahrgang.

Heft 10
30. Mai

ORGAN
FÜR DIE
FORTSCHRITTE DES EISENBAHNWESENS

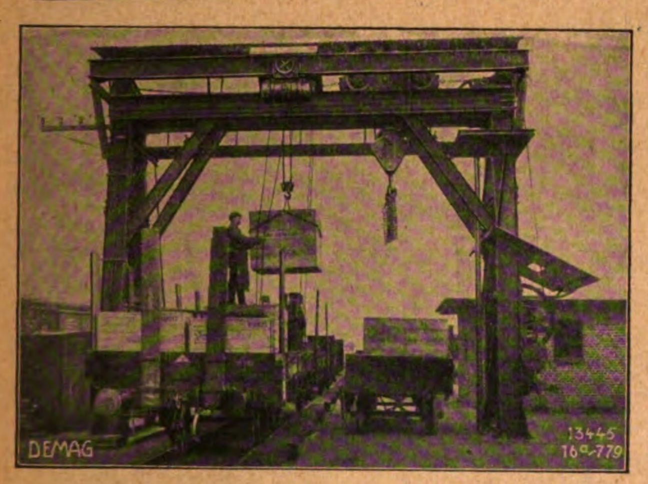
TECHNISCHES FACHBLATT
DES VEREINS DEUTSCHER
EISENBAHNVERWALTUNGEN

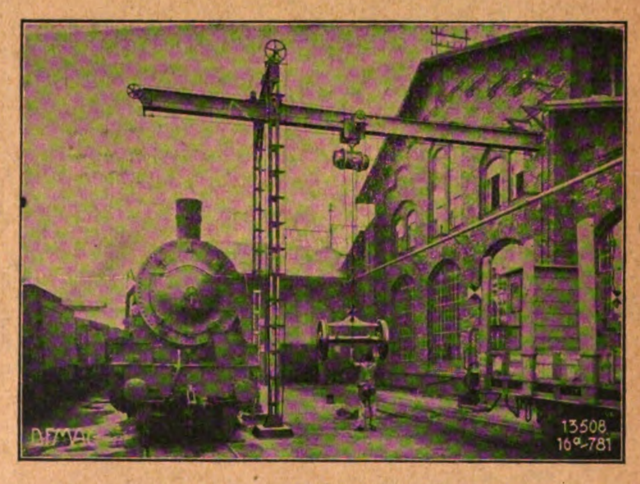


HERAUSGEGEBEN VON
DR. ING. H. UEBELACKER
C. W. KREIDEL'S VERLAG · MÜNCHEN

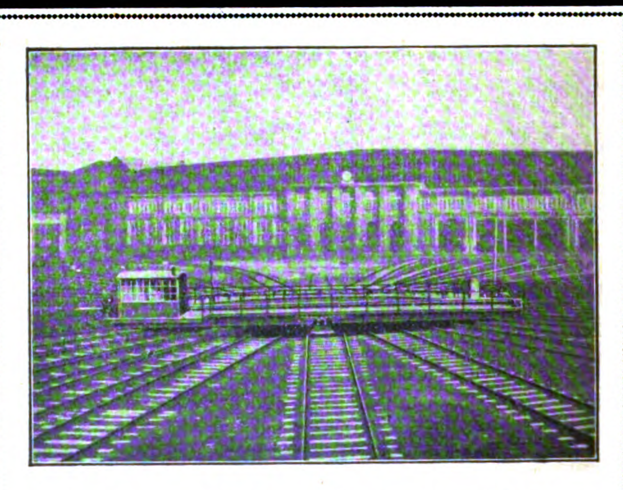
Inhalt:

Der Oberbau der grofsen Geschwindigkeiten und grofsen Achsdrücke: Das Gleis auf Federn und festen Stützen. Alfred Wirth. 177.
Der Gleisbauwagen Bauart Hoch. Schultheifs. 186.
Die statistische Behandlung der Bahnunterhaltungskosten. Josef Nemcsek. 188. — Taf. 23.
Schwellentränkung mit Seesalz. L. Lubimoff. 189.
Von den Japanischen Eisenbahnen. 190.
Erfahrung mit Teeröl- und Basilit-Schwellentränkung. 191.
Eisenbahnschwellen aus Eisenbeton. 191.
Vorrichtung zur Aufzeichnung des Streckenzustandes. 191.
Besprechungen.
Oberbau und Gleisverbindungen. 192.
Zuschrift an die Schriftleitung.






ORION
ORION
UNIVERSAL-
HOCHLEISTUNGS-SÄGEMASCHINE
Mit regulierbarem Vorschub des Sägeblattes durch Ölpreßpumpe
ORION
Konkurrenzlos in Schnittleistungen und Schonung der Sägeblätter
GORNIG & SEVERIN
MASCHINENFABRIK-DRESDEN-A.28



Organ für die Fortschritte des Eisenbahnwesens

Technisches Fachblatt des Vereins Deutscher Eisenbahn-Verwaltungen

Schriftleitung: Dr. Ing. H. Uebelacker, Nürnberg, unter Mitwirkung von Dr. Ing. A. E. Bloss, Dresden.

82. Jahrgang | 30. Mai 1927 | Heft 10

Der Oberbau der grofsen Geschwindigkeiten und grofsen Achsdrücke: Das Gleis auf Federn und festen Stützen.

Von Dr. techn. **Alfred Wirth**, Bundesbahndirektor in Wien.

Inhalt.

Das Querschwellengleis in der Schotterbettung.

A. Grenzen der Leistungsfähigkeit. B. Die Verkehrslasten. C. Die Schiene. D. Die Schwelle und Schwelleneinteilung. E. Die Befestigungsmittel und Unterlagsplatten. F. Die Bettung.

Das Gleis auf Federn und festen Stützen.

I. Der Vorschlag.

II. Theoretische Voraussetzungen. A. Der Stützendruck. 1. Der statische Stützendruck. 2. Der dynamische Stützendruck. B. Die Elastizität des Gleises. C. Die Berechnung der Feder.

III. Die einzelnen Teile des Gleises. A. Die Schiene und die Neigung der Schiene. B. Die Schraubenfeder und die Federschutzhülse. C. Die Schienenstütze (Stützenmauer). 1. Die Unterlagsplatte. 2. Der Unterlagsquader. 3. Die Untermauerung. D. Die Schienenverankerung. E. Die Querverbindung der Schienen. F. Die Vorrichtung zur Verhinderung des Abhebens der Schienen. G. Die Schienenstofs. H. Die Lage des Gleises. Die Entwässerung.

IV. Die Anwendung des Oberbaues. A. Auf offener Strecke. B. Auf den Brücken. C. In den Bahnhöfen.

V. Die Kosten. A. Die Kosten der Neuherstellung. B. Die Kosten der Gleisunterhaltung.

VI. Schlufswort.

Das Querschwellengleis in der Schotterbettung.

A. Grenzen der Leistungsfähigkeit.

»Die Grenze der Leistungsfähigkeit des Gleises liegt nicht in der Schiene und auch nur in beschränktem Mafse in der Unterschwellung, die ja im ausgedehnten Mafse verstärkt werden können, sondern in der Bettung, also in dem Teile, der nur in seiner Stärke und äufseren Form verbessert werden kann, in seiner inneren, also wesentlichen Beschaffenheit aber von den vorkommenden Gesteinsarten abhängig ist. Dieser überwiegende Einflufs der Bettung zwingt mit fortschreitender Belastung des Gleises dazu, neben Verwendung besten Bettungsstoffes auch die Unterschwellung so zu gestalten, dafs der Bettungsdruck klein wird, d. h. also zahlreiche und kräftige Schwellen zu verwenden. Dadurch wird auch die Widerstandsfähigkeit und Steifigkeit der Schiene gehoben, also auch die Gefahr der Stofswirkungen der Betriebslasten abgeschwächt.«

Diese in der Ausgabe des Jahres 1897 des »Handbuches der Ingenieurwissenschaften«, Teil Eisenbahnbau enthaltenen Worte, gelten wohl auch heute nach dreifsig Jahren noch in uneingeschränkter Weise. Da die Steigerungen der Verkehrslasten sich im wesentlichsten auf Schiene und Bettung, die Steigerungen der Geschwindigkeiten auf Schiene und Schienenbefestigung auswirken, beide aber eine dichte Schwellenlage erfordern, um eine bessere Druckverteilung auf den Unterbau und eine Vermehrung der Schienenbefestigungsmittel zu erreichen, sind wir mittlerweile auf Schwellenentfernungen gelangt, die sich nicht mehr wesentlich unterbieten lassen, so dafs die Leistungsfähigkeit des Gleises auch in der »Unterschwellung« eine Grenze gefunden hat.

Besonders in den letzten zehn bis zwölf Jahren sind die Verkehrslasten derart gestiegen, dafs sich fast alle Bahnverwaltungen genötigt sahen, für die Berechnung des Oberbaues und vor allem der Brücken ihrer Hauptlinien Achsdrücke vorzuschreiben, die etwa 30% höher sind als die des Jahres 1914. Die Fahrgeschwindigkeiten der schnellstfahrenden Züge haben sich hingegen seit 1914 nicht erhöht, wir fahren zumindest in Europa heute nicht schneller als vor zwölf Jahren. Die Ursache hierfür mag in verschiedenen Umständen liegen. Sicher war das Bedürfnis nach höheren Achsdrücken gröfser als nach höheren Fahrgeschwindigkeiten, dies begründet aber gewifs nicht allein den Stillstand in der Entwicklung der Fahrgeschwindigkeiten, der tatsächlich eingetreten ist. Eine Mitursache hierfür dürfte wohl in der (nicht gerne eingestandenen) Erkenntnis liegen, dafs unser Oberbau überhaupt nicht den grofsen, durch hohe Geschwindigkeiten hervorgerufenen Längs- und Querkräften gewachsen ist, vielleicht wurde auch das Bedürfnis dadurch zurückgedrängt, dafs bis jetzt noch Pafs- und Zollschwierigkeiten an den Staatsgrenzen Aufenthalte bedingen, gegenüber denen die erreichbaren Fahrzeitabkürzungen durch Geschwindigkeitserhöhungen keine wesentliche Rolle spielen. Vor wenigen Jahren waren die Eisenbahnen immerhin noch Herren der Lage: Soferne sie sich nicht selbst den Rang abliefen, konnten sie die Höchstgeschwindigkeiten so festsetzen, wie es ihnen aus wirtschaftlichen und Sicherheitsgründen passend erschien. Heute haben sie mit dem Wettbewerb von Automobil und Flugzeug zu rechnen und damit ist wieder das Problem der Erhöhung der Fahrgeschwindigkeiten in den Vordergrund gerückt.

B. Die Verkehrslasten.

Die Verkehrslasten sind bei den europäischen Bahnen vorläufig über 20 t Achsdruck noch nicht oder doch nicht wesentlich hinausgegangen. Im Betriebe sind die Achsdrücke von 18 bis 20 t die Achsdrücke der derzeit schwersten Lokomotiven.

Im Jahre 1925 war auf der deutschen Verkehrsausstellung in München eine 2 C 1 Turbolokomotive von 20 t Achsdruck und Triebachsenabstand von 2,0 m und eine 2 C 1 Einheitslokomotive mit ebenfalls 20 t Triebachsdruck und einem Triebachsenabstand von 2,3 m als schwerste Lokomotive vorgeführt. Die schwersten Grofsgüterwagen dieser Ausstellung hatten beladen einen Achsdruck von 19,5 t. In England sind seit 1922 Lokomotiven mit 20 t Achsdruck im Betriebe.

Die Vorschriften sehen höhere Achsdrücke vor. Da ein Oberbau für etwa 20 Jahre, eine Eisenbahnbrücke für etwa 60 Jahre geschaffen werden mufs, müssen die Vorschriften der Entwicklung Rechnung tragen.

Die Vorschriften für Eisenbauwerke der Deutschen Reichsbahn (Berechnungsgrundlagen für eiserne Eisenbahnbrücken) vom Jahre 1925, schreiben für den Neubau und für die Verstärkung eiserner Eisenbahnbrücken die Lastenzüge N, E und G vor. Wegen der Bedeutung für die vorstehende Abhandlung seien die bezüglichen Stellen dieser Vorschrift auszugsweise angeführt.

Lastenzug N.

Zwei Tenderlokomotiven von den in Abb. 1 wiedergegebenen Abmessungen und Achslasten und ein- oder zweiseitig angehängte Grofsgüterwagen von den in der Abb. 2 wiedergegebenen Abmessungen und Achslasten (8 t/m) in ungünstigster Stellung.

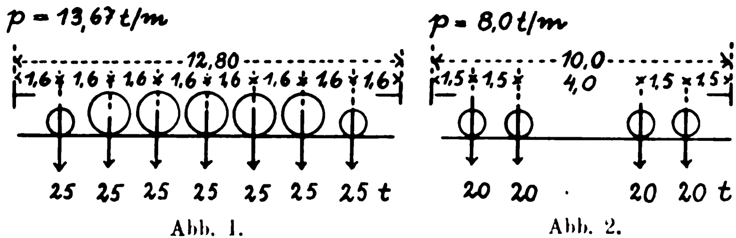


Abb. 1. Abb. 2.

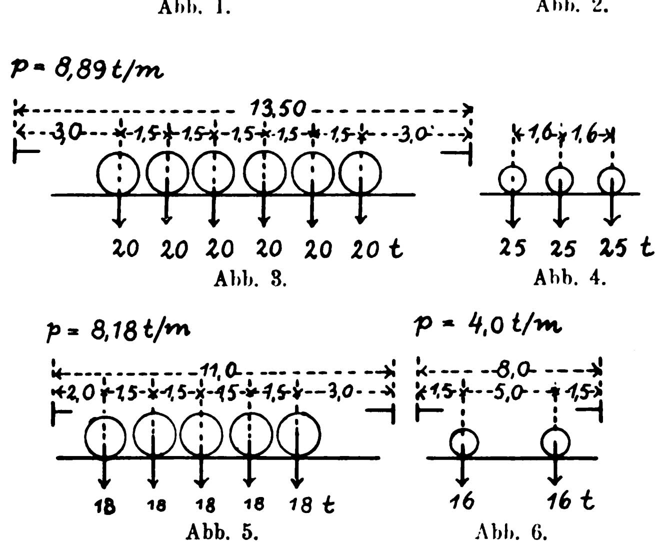


Abb. 3. Abb. 4.

Abb. 5. Abb. 6.

Lastenzug E.

Zwei Tenderlokomotiven von den in Abb. 3 wiedergegebenen Abmessungen und Achslasten und ein- oder zweiseitig angehängte Grofsgüterwagen (Abb. 2) in ungünstigster Stellung. Insoweit die Lastgruppe der Abb. 4 ungünstigere Spannungen hervorruft, ist diese der Berechnung zugrunde zu legen.

Lastenzug G.

Zwei Tenderlokomotiven von den in Abb. 5 wiedergegebenen Abmessungen und Achslasten in ungünstigster Stellung mit ein- oder zweiseitig angehängten Grofsgüterwagen, von den in der Abb. 6 wiedergegebenen Abmessungen oder zwei Grofsgüterwagen (Abb. 2) in ungünstigster Stellung mit ein- oder zweiseitig angehängten Güterwagen von den in der Abb. 6 wiedergegebenen Abmessungen und Achslasten (4 t/m) oder eine Tenderlokomotive (Abb. 5), in ungünstigster Stellung, zwei einseitig angehängte Grofsgüterwagen (Abb. 2) und an diese anschliefsende Güterwagen (Abb. 6).

Die österreichischen Bundesbahnen berechnen ihren Hauptbahnoberbau mit 20 t Achsdruck, die neuen Brücken der Hauptbahnen nach dem Lastenzug N der Deutschen Reichsbahn.

Wesentlich höhere Verkehrslasten sind in Amerika im Betrieb.

Im Organ für die Fortschritte des Eisenbahnwesens, Jahrgang 1924, S. 17, ist auf eine 2 D 1 — h 3 Lokomotive der New-York-Zentral-Bahn hingewiesen, die folgende Achsanordnung hat:

Tender	Lokomotive
$6 \times 20{,}2$ t	$27{,}0 + 4 \times 27{,}4 + 2 \times 15$ t

kleinster Abstand der Triebachsen 1,83 m.

Weiter S. 136 auf eine 1 E 1 - h 2 Güterzugslokomotive der amerikanischen Great-Northern-Bahn

Tender	Lokomotive
$6 \times 21{,}7$ t	$25{,}0 + 5 \times 31 + 11$ t.

Die Schweizerische Bauzeitung berichtet auf Seite 253 des Jahrgangs 1925 über eine neue Grofselektrolokomotive der Pensylvania-Eisenbahn mit einem Triebachsdruck von 35 t, einem Triebraddurchmesser von 2,02 m. Dies dürfte wohl eine der schwersten Lokomotiven der Welt sein.

Man hat in Europa nicht die Befürchtung, dafs die aufserordentlich hohen Achsdrücke der amerikanischen Lokomotiven das Vorbild für die künftige Entwicklung unserer Bahnen abgeben, weil in Amerika ein gröfseres Lichtraumprofil gröfsere Wagen und gröfsere Lokomotiven, damit auch höhere Achsdrücke begünstigt.

C. Die Schiene.

Die Querschnitte der Breitfufsschiene haben im Laufe ihrer Entwicklung, trotzdem fast jede Bahn ihre eigene Schiene entwarf, Formen angenommen, die untereinander nahezu als ähnlich bezeichnet werden können, so dafs aus dem Metergewicht einer Schiene mit ziemlicher Annäherung auf die Tragfähigkeit (gekennzeichnet durch das Widerstandsmoment) und auf die Steifigkeit der Schiene (gekennzeichnet durch Elastizitätsziffer und Trägheitsmoment) geschlossen werden kann. Mit dem Entstehen einer Schienenform, die sowohl rechnerisch wie praktisch den an sie gestellten Anforderungen im allgemeinen entsprach, sowie gedrängt durch die wirtschaftlichen Verhältnisse, haben in den letzten Jahren fast alle Bahnverwaltungen Einheitsquerschnitte festgelegt, die in Hinkunft für bestimmte nach Achsdruck, Verkehrsdichte, Steigungen usw. gekennzeichnete Strecken zur Anwendung kommen sollen.

Einige Einheitsoberbauarten seien hier angeführt:

Einheitsoberbau der Deutschen Reichsbahn:

eine 45 kg/m Schiene für G-Strecken,
» 49 » » » N- und E-Strecken.

Einheitsoberbau der französischen Eisenbahnen v. J. 1919:

eine 26 kg/m Schiene für schmalspurige Bahnen,
» 36 » » » schwachen Regelspurverkehr,
» 46 » » » starken »
» 55 » » » Gleise in Tunneln.

Die österreichischen Staatsbahnen hatten im Jahre 1908 für ihre Hauptbahnen die Schienenformen A mit 44,4 kg und Xa mit 35,7 kg eingeführt, für die Nebenbahnen die Schiene XXIVa mit 26,2 kg. Da damals nahezu alle grofsen Privatbahnen Österreichs in den Staatsbetrieb übergegangen waren und die österreichische Südbahn ebenfalls die Schiene A aufnahm, konnte man schon zu dieser Zeit von einem Einheitsoberbau sprechen. Aufser diesen Oberbauformen bestehen aber im heutigen Österreich selbst auf Hauptbahnstrecken noch die ehemaligen Privatbahnformen, deren schwerstes Schienengewicht zwischen 33 und 35 kg liegt. Ähnlich dürften wohl auch die Verhältnisse bei den Bahnen der übrigen Staaten liegen.

Von den amerikanischen Eisenbahnen hatten laut einer Mitteilung in Glasers Annalen im Jahre 1916 die Pennsylvania-Bahn eine Schiene von 59,5 und eine von 62 kg/m, die Lehightal-Bahn eine Schiene von 67,5 kg, die Zentralbahn eine Schiene von 67 kg/m in Verwendung.

Von der Tatsache, dafs die wirksamste Verstärkung eines Gleises in der Einführung einer schweren Schiene besteht und dafs der heutige Stand der Walztechnik hierbei uns nahezu keine Grenzen auferlegt, wurde in den früheren Jahren viel zu wenig Gebrauch gemacht; auch heute noch wird mit dem Schienengewicht, in Europa zumindest, zu sehr gespart. Es werden die Schienenquerschnitte zu sehr nach dem Grad der zulässigen Inanspruchnahme bestimmt, obwohl es bekannt ist, dafs den gewifs ausgezeichneten Formeln von Winkler und Zimmermann, wegen der vielen Abweichungen des Gleises von seiner richtigen Lage, der Mannigfaltigkeit der angreifenden statischen Kräfte und der Unberechenbarkeit der dynamischen

Einwirkungen, nur die Eigenschaft von Vergleichswerten zukommen kann und obwohl es bekannt ist, dafs es bei der Bemessung einer Schiene weniger darauf ankommt, einen Schienenbruch zu verhindern, als darauf eine Schiene zu schaffen, die steif genug ist, den Betriebsdruck auf mehrere Stützen zu übertragen und möglichst geringe Durchbiegungen zu erleiden, um Bettung, Schwelle und Befestigungsmittel in ruhiger Lage zu erhalten. Was bei der Anschaffung der Schiene erspart wird, wird mehrfach an Bahnunterhaltungskosten ausgegeben.

Aber nicht nur die Unterhaltungskosten der Bahn werden durch eine zu schwache Schiene unverhältnismäfsig erhöht. Wir müssen auch die Nachteile richtig einschätzen, die der gesamte Betrieb durch einen Oberbau erleidet, dessen Schiene den mittlerweile gestiegenen Anforderungen nicht mehr gewachsen ist; wie sehr der Zugförderungsdienst in der Verwendung seiner Lokomotiven behindert ist falls auf einer solchen Strecke nur Maschinen fahren dürfen die kleine Achsdrücke haben und doch viel leisten sollen, welche grofse Kosten im Verkehrsdienst durch das Verbot der Beladung schwerer Wagen, durch das Umladen zu schwerer Wagen und durch die sonst unnötige Geschwindigkeitsverminderung verursacht werden. Könnte man dies alles verläfslich erfassen, so würden zu schwache Schienen trotz der grofsen Kosten eines Gleisumbaues rascher aus der Bahn entfernt werden, als dies gegenwärtig geschieht.

Die gefürchteten Mehrkosten einer schwereren Schiene und zwar einer schwereren, als es die Berechnung ergibt, sind nicht so ausschlaggebend als es allgemein angenommen wird: Von den Kosten eines neuen Gleises, bestehend aus Schienen, Schwellen, Kleineisen und Schotterergänzung, machen die Kosten der Schiene etwa ein Drittel aus. Würde man also anstatt einer Schiene, die z. B. rechnungsgemäfs unter Zugrundelegung bestimmter Achsdrücke, Fahrgeschwindigkeit, Schwelleneinteilung und zulässiger Inanspruchnahme 40 kg schwer werden sollte, eine um 20 % schwerere Schiene, also eine überschwere Schiene von 48 kg einführen, so würde ein derartiges Gleis nur um etwa 7 % teurer zu stehen kommen.

Eine schwere Schiene ist die beste Kapitalsanlage der Eisenbahn. Die ruhige Lage des Gleises bringt die anfänglichen Mehrkosten durch Ersparnisse bei der Gleisunterhaltung in kürzester Zeit herein. Das Gleis kann auch einer nicht voraus gesehenen Steigerung der Verkehrslasten und der Fahrgeschwindigkeiten standhalten. Nach 15 bis 20 Jahren kann eine schwere Schiene noch in Nebengleisen verwendet werden und wird die Schiene gänzlich unbrauchbar, so bekommt man am Ende ihrer Verwendungszeit noch etwa ein Viertel des ursprünglich aufgewendeten Kapitals durch den Altmaterialverkauf herein.

D. Die Schwelle und Schwelleneinteilung.

Die Holzschwelle sowie die Eisenschwelle haben im Laufe der Zeit Formen erhalten, die sich bei den einzelnen Oberbauarten je nach dem Zweck des Gleises nur mehr in einzelnen Ausmafsen unterscheiden. Als Schwellenlängen für die Hauptbahnen kommen seit 50 Jahren nur mehr die Länge von 2,4 bis 2,7 m in Betracht. Damit soll aber nicht gesagt sein, dafs in bezug auf die Schwellenform und den Schwellenstoff ein Idealzustand erreicht worden ist: Die Versuche mit Beton- und Eisenbetonschwellen, die vielen Versuche die Schwellen besser zur Aufnahme der Befestigungsmittel zu gestalten, sowie die Versuche mit elastischen Zwischenlagen aus Filz, Kork, Gewebe usw. zur Schonung der Schwellen, sprechen für das Gegenteil. Die Schwelle hat nicht nur die Schiene mittels der Befestigungsmittel festzuhalten und den Druck der Verkehrslasten zu übernehmen, sie hat diesen Druck auch auf den tragfähigen Untergrund zu übertragen und dazu bedarf es bei der gegenwärtigen Anordnung unseres Oberbaues, der Schotterbettung. Aus der Verwendung der Schotterbettung entstehen aber die bekannten Nachteile unseres Oberbaues, für die nicht so sehr die Form und der Stoff der Schwelle als die Gesamtanlage verantwortlich sind.

Die Schwellenentfernungen sind bereits sehr klein geworden. Der Oberbau mit Schiene 49 kg/m der deutschen Reichsbahn hat eine mittlere Schwellenentfernung von 65 cm, der Oberbau A der österreichischen Bundesbahnen hat einen mittleren Schwellenabstand von 67,5 cm. Leider sind mir die Schwellen und Schwelleneinteilungen der Eisenbahnen der Vereinigten Staaten von Nordamerika nicht bekannt, die wie erwähnt mit Achsdrücken von über 30 t zu rechnen haben. Ich glaube wir können mit den Schwellenabständen, abgesehen von den Schwellen am Schienenstofse, kaum mehr wesentlich herab z. B. nicht mehr unter 60 cm gehen, ohne das ordentliche Unterstopfen der Schwellen unmöglich zu machen. Es mufs ja schliefslich zwischen den Schwellen eine Schottermenge von entsprechender Stärke verbleiben um den Verschiebungen des ganzen Gleises in der Längsrichtung genügend Widerstand zu bieten.

E. Die Befestigungsmittel und Unterlagsplatten.

Die Befestigungsmittel spielen für die Dauerhaftigkeit eines Gleises und für die Erhaltung der Gleislage die gröfste Rolle. Es kommen im wesentlichen nur vier Arten von Befestigungsmitteln in Betracht: bei der Holzschwelle die Schwellenschraube und der Schienennagel, bei der Holzschwelle mit getrennter Befestigung von Unterlagsplatte, Schiene und Schwelle noch die Fufsschraube und das Klemmplättchen. Bei der Eisenschwelle kommen nur Fufsschrauben und Klemmplättchen in Betracht.

Trotzdem es also nur vier Arten von Befestigungsmitteln gibt und trotzdem wir eine Erfahrung von über einem halben Jahrhundert hinter uns haben, hat jeder Oberbau seine eigene Befestigungsart und seine eigenen Befestigungsmittel, wobei jeder Konstrukteur glaubt das Beste gefunden zu haben. Das Problem ist eben unlösbar. Die vollkommen elastische und unter der unmittelbaren Einwirkung der Verkehrslasten schwingende Schiene mittelst verhältnismäfsig schwacher Schrauben und Plättchen mit den senkrecht zur Schiene gelagerten wenig elastischen, massigen, in der Schotterbettung ruhenden Schwellen fest zu verbinden, ist auf die Dauer unmöglich; der grofse Verschleifs an Befestigungsmitteln, die grofsen Kosten des fortwährenden Nachziehens der Schrauben und das trotzdem eintretende Wandern der Schienen auf den Schwellen geben Beweis dafür.

Die einzige Erfahrung, die sich bis nun durchgerungen hat, ist die, dafs die beste Befestigung von Schiene und Schwelle in der Verwendung geeigneter Unterlagsplatten besteht, die eine Trennung der Befestigung von Schiene, Unterlagsplatte und Schwelle ermöglicht. Beim Holzschwellenoberbau ist diese Befestigungsweise, die allerdings erhöhte Anforderungskosten bedingt, bei den wichtigsten Hauptbahnen mit Schnellzugsverkehr bereits allgemein eingeführt, sie ist aber auch bei weniger wichtigen Hauptbahnen und bei Nebenbahnen auf grofsen Neigungen und in scharfen Bögen unerläfslich, um eine gute Gleislage zu erhalten. Beim Eisenschwellenoberbau hat man sich zur getrennten Befestigungsweise noch nicht allgemein entschlossen.

F. Die Bettung.

Die Schotterbettung ist nur wegen der dynamischen Einwirkungen des fahrenden Zuges notwendig. Ist die Fahrgeschwindigkeit und auch die Verkehrslast sehr gering wie z. B. bei Strafsenbahnen, so kann man die Schiene unmittelbar in den festen Untergrund einbetten, es hat dies sogar den Vorteil einer vollkommen glatten, unverrückbaren Bahn. Selbst die gröfsten Lasten können bei Verwendung entsprechender

Schienen auf starr eingebauter Bahn befördert werden, wenn nur die Geschwindigkeit klein genug ist; die Hafengleise geben ein Beispiel hierfür.

Von einer gewissen Geschwindigkeit an mufs aber der Oberbau elastisch wirken können, andernfalls »fährt er sich hart, d. h. er verarbeitet die Stofsdrücke der Verkehrslasten nicht elastisch, sondern in bleibenden Formänderungen*)«. Es darf also die Schiene nicht mehr fest eingebettet sein, sondern sie mufs auf Stützen ruhen, um ungehindert elastisch wirksam sein zu können und es müssen die Stützen selbst elastisch nachgeben: diese letztere Aufgabe soll das Schotterbett erfüllen, dem überdies noch die Aufgabe einer gleichmäfsigen Druckverteilung auf den Untergrund zukommt.

Mit der Einführung der Schotterbettung in den Oberbau — sie reicht in die Anfangszeit der Eisenbahnen zurück — sind aber, wie erwähnt, alle jene Nachteile in den Eisenbahnoberbau gelangt, die sich aus der ungleich hohen Lage der Stützen, der geringen Widerstandskraft gegen seitliche und Längsverschiebungen, aus den Frosteinwirkungen und aus dem starken Verschleifs von Befestigungsmitteln und Schwellen ergeben.

Man nimmt von der Bettung an, dafs sie innerhalb gewisser Grenzen als ein elastischer Körper wirke, die ganze Berechnung des Oberbaus ist darauf aufgebaut. Der Bettungsdruck, das ist der von der Bettung auf die Flächeneinheit der Schienenunterlage ausgeübte Gegendruck wird nach Winkler und Zimmermann als proportional der Stützensenkung y angenommen,

$$p = C \cdot y.$$

C ist die Bettungsziffer, sie ist von der Beschaffenheit der Bettung und des Untergrundes abhängig. C wird von Zimmermann für ungünstige Fälle mit 3, bei sehr guter Bettung und festem Untergrund mit 8 in Rechnung gestellt. Von anderen Forschern wurden höhere Werte, bis $C = 15$ als zutreffend erkannt.

Die Grenzen, innerhalb welcher das Schotterbett als elastisch wirkend angenommen werden kann, dürften wohl sehr enge gezogen sein. Zimmermann**) selbst schreibt: »Die Richtigkeit oder den Näherungsgrad dieser Gleichung ($p = C \cdot y$) durch unmittelbare Messungen zu erproben, würde schwierig sein. Man hat deshalb bis jetzt die gute Übereinstimmung, die sich zwischen den aus der Gleichung auf theoretischem Wege gefolgerten und den gemessenen Formänderungen verschiedener Arten von Oberbau ergeben hat, als ausreichende Bestätigung der Zulässigkeit der in Rede stehenden Annahme und der ihr entsprechenden, als Ausgangspunkt für alle Oberbauberechnungen dienenden Gleichung gelten lassen.« Bräuning schreibt hierüber***):

„Von den Schwellen wird der Druck weiter an das Gleisbett und den tieferen Untergrund abgegeben. Das Gleisbett als nicht einheitlicher und nicht fest gefügter Körper kann keine Zugspannungen aufnehmen, Druckspannungen aber nur unter Mithilfe der inneren Reibungswiderstände. Sobald diese überwunden sind, verschiebt sich das lose Gefüge, die Grenze der Tragfähigkeit ist erreicht. Bis zu dieser Grenze besitzt indessen die festgelagerte Bettung elastische Eigenschaften ähnlich denen eines einheitlichen, gedrückten Körpers."

Ich bin der Anschauung, dafs das elastische Verhalten des Schotterbettes nur so lange währt, als die Schwellen gut unterstopft sind. Die Übereinstimmung der Gleichung mit den gemessenen Formänderungen spricht nicht dagegen, da Beobachtungen immer nur an einem gut erhaltenen Gleis durchgeführt werden. Sind einzelne Schwellen nicht mehr genügend unterstopft — was im Betrieb sehr häufig vorkommt — so mufs deswegen die Höhenlage des Gleises nicht gleich verloren gehen, die Schiene stützt sich auf die verbleibenden festen Stützpunkte, das Gleis erscheint noch immer elastisch. Die elastische Wirkung geht aber nicht mehr vom Untergrund und der Schwelle, sondern fast nur mehr von der Schiene allein aus, die hierbei allerdings höher beansprucht wird. Die Bewegungen schlecht unterstopfter Schwellen rühren nicht mehr von den elastischen Wirkungen der Bettung, sondern davon her, dafs sie an die elastische Schiene mehr oder weniger fest angehängt, deren Bewegungen mitmachen. Ist Wasser im Gleisbett, so wirken solche Schwellen wie Schlammpumpen. Sind die Befestigungsmittel lose, so heben sich die Schienen von den niedergedrückten Schwellen überhaupt ab. Selbstverständlich gibt aber auch eine niedergedrückte Schwelle bei Einwirkung gröfserer Verkehrslasten immer noch einen gewissen Stützpunkt.

Den fast unmöglichen Anforderungen, die man an die Bettung stellt: das Schottergefüge soll elastisch wirken und doch wieder den lotrechten, seitlichen und längswirkenden Kräften ausreichend Widerstand bieten, es soll aufserdem die Last gleichmäfsig auf den Untergrund übertragen, versucht man durch Verwendung bester Stoffe, Verbesserung des Untergrunds, durch Vergröfserung der Bettung und in neuerer Zeit auch durch Walzen und Stampfen der Bettung sowie durch Verwendung von Eisenbetonrosten zu entsprechen.

Über das gegenwärtige Ausmafs der Schotterbettung verschiedener ausländischer Bahnen gibt eine Mitteilung im Organ für die Fortschritte des Eisenbahnwesens, Jahrgang 1923, Aufschlufs, die der Fachschrift »Le Genie Civil« entnommen ist*):

„Seit der ersten Feststellung der Schotterstärke von 50 cm unter Schienenauflagfläche sind die Verkehrslasten derart gewachsen, dafs die Schotterstärke diesen Lasten nicht mehr entspricht und dafs diese nicht mehr genügt, um eine gleichmäfsige Lastübertragung zu ermöglichen. Auf dem Kongrefs zu Rom 1922 hat sich das Bestreben gezeigt, die Stärke des Schotterbettes zu vergröfsern.

In den Vereinigten Staaten hat man folgende Leitsätze hierfür aufgestellt:

1. Wenn die Bahnplanie aus Stoffen z. B. Ton besteht, die unter dem Einflufs der dynamischen Lasten ihre Form ändern, so mufs die Schotterstärke unter den Schwellen mindestens gleich dem Achsabstand der Schwellen sein.

2. Bei gutem Untergrund ist die Stärke des Schotters unter den Schwellen mindestens 30 cm.

In Frankreich hat man auf drei Netzen, der Staatsbahn, der Südbahn und der Ostbahn neue Anordnungen des Schotterbettes studiert. Im ersteren Netz hat man in Gleisbögen an den Innenschienen eine Stärke von 25 cm unter Schwellenunterkante, bei der Südbahn beträgt die Mindeststärke 53 cm unter Schwellenoberkante, und zwar ist eine obere Krampschicht von 32 cm und eine untere Schicht von 21 cm vorhanden, letztere Schicht kann auch aus altem Schotter bestehen. Bei der Ostbahn ist die Mindeststärke unter Schwellenoberkante 50 cm, wobei gleichfalls eine Krampschicht von 30 cm und eine untere Schicht vorgesehen ist. Die französischen Chefingenieure haben folgende Leitsätze herausgegeben: Bei Neubauten Mindeststärke 50 cm, nicht inbegriffen die Zwischenlagen bei schlechtem Untergrund. Bei Umbauten auf altem Planum 40 cm."

Das Walzen oder Stampfen der ganzen Bettung bis zur Schwellenunterkante, wie es gegenwärtig bei einigen deutschen Bahnen versucht wird, scheint wohl kein geeignetes Mittel zur Verbesserung des Gleisgefüges und der Gleisunterhaltung zu sein. Wenn auch damit zweifellos eine gröfsere Widerstandsfähigkeit gegen lotrechte Kräfte erreicht wird, so dürfte dadurch die Widerstandsfähigkeit des Gleises gegen seitliche und gegen Längsverschiebungen eingeschränkt werden, besonders wenn bei enger Schwellenlage die Schotterkoffer zwischen den Schwellen klein werden. Es besteht die Befürchtung, dafs das Gleis auf einer glatten Bahn noch mehr gleitet als bisher.

Über die Längsverschiebungen des Gleises im Schotterbett und zwar die Längsverschiebungen des ganzen Gleises samt den

*) Saller, Organ 1925, Heft 6.
**) Handbuch der Ing.-Wissenschaften 1906, Der Eisenbahnbau.
***) Bräuning. Die Grundlagen des Gleisbaues.

*) Le Génie Civil 1923, Heft 22.

Schwellen und die Längsverschiebungen der Schienen allein unter Mitnahme einzelner besonders gut befestigter Schwellen, vornehmlich der Stofsschwellen, wurde in der Literatur des öfteren berichtet. Ich selbst habe vor 20 Jahren an der neuerbauten Wocheinerbahn nächst Triest eingehende Beobachtungen über die Verschiebungen der Gleise auf einer Steilrampe von 25‰ angestellt, die ich in der Zeitschrift des Österreichischen Ingenieur- und Architektenvereins veröffentlichte*). Später unterzog ich das ganze Problem der Längsverschiebung einer eingehenden Erörterung sowohl vom theoretischen wie vom praktischen Standpunkte und unterzog die zur Verhinderung der Schienenwanderung üblichen Mittel einer eingehenden Kritik. In dieser Abhandlung**) sprach ich mich für die — damals erst wenig durchgeführte — Trennung der Befestigung von Schiene und Unterlagsplatte und von Unterlagsplatte und Schwelle aus, lehnte aber die damals stark üblich gewesene Anhängung von Schwellen, die den Stofsschwellen benachbart sind, an die durch die Einklinkungen der Laschen festgehaltenen Stofsschwellen, entschieden ab. Ebenso sprach ich mich gegen das früher vereinzelt vorgekommene Einrammen von Pfählen vor die Schwellen aus, das die Absicht verfolgte, die Verschiebung dieser Schwellen zu verhindern.

Ich schlofs meine damaligen Ausführungen mit folgenden Worten, die ich auch heute aufrechthalten kann:

»Auf Kosten der Elastizität des Gleises soll keine Verstärkung durchgeführt werden. Ein unelastischer Oberbau verursacht hartes Fahren, vergröfsert die Beanspruchung der Fahrbetriebsmittel und birgt schon im Anfange den Keim rascher Abnützung und Zerstörung in sich.«

Das Gleis auf Federn und festen Stützen.

I. Der Vorschlag.

Ich mache den Vorschlag, zwischen Schienen und Schienenunterlagen (Stützen) wirkliche Federn zu legen, also das Gleis auf Federn zu lagern, die Schienenstützen selbst aber, ohne Verwendung einer Schotterbettung, fest und unverrückbar herzustellen und sie derart zur Aufnahme der Schienen auszugestalten, dafs das Gleis nur in lotrechter Richtung elastisch nachgeben kann, Querkräften gegenüber aber vollständig unnachgiebig ist und in der Längsrichtung nur die durch die Wärmespannung hervorgerufenen Längenänderungen zuläfst. Vom bekannten Oberbau auf Schwellen sollen nur die Schienen (Breitfufsschienen), allenfalls auch die Schienenstofslaschen übernommen werden.

Zu diesem Zweck sollen die Schienenstützen bzw. die mit ihnen fest verbundenen Unterlagsplatten, die die Federn und die Schienen unmittelbar aufzunehmen haben, den Schienenfufs derart umfassen, dafs ein seitliches Ausweichen der Schienen unmöglich erscheint, die lotrechten elastischen Bewegungen der Schienen, sowie die kleinen zulässigen Längsbewegungen dagegen ungehindert vor sich gehen können. Aufserdem sollen die Schienen ungefähr in Schienenmitte an den Schienenstützen derart verankert werden, dafs sie wohl die sich aus der Federung ergebenden lotrechten Bewegungen vollziehen können, dafs sie aber allen Längskräften und Querkräften ohne Lageänderung standhalten. Die Längenänderungen der Schiene, die sich aus der Wärmeänderung ergeben, können sich von der festgehaltenen Schienenmitte nach beiden Schienenenden auswirken. Zur Verhinderung des Kantens der Schienen und zur Erhaltung der Spurweite sollen die beiden gegenüberliegenden Schienen mit geeigneten Querverbindungen verbunden werden.

*) Wirth, Zeitschrift des Österr. Ing.- u. Arch.-Vereins, Jahrg. 1907, Nr. 39.

**) Desgl. „Die Schienenwanderung und ihre Verhütung". Zeitschrift des Österr. Ing.- u. Arch.-Vereins, Jahrg. 1909, Nr. 20 u. 21.

II. Theoretische Voraussetzungen.

Bevor ich die Bedingungen aufstelle, denen ein solches Gleis meiner Ansicht nach entsprechen müfste, mufs ich folgendes vorausschicken.

Ich werde absichtlich sehr viel auf die vorhandene reiche Fachliteratur, soweit sie mir bekannt ist, hinweisen und absichtlich ganze Stellen ungekürzt aus den Werken und Veröffentlichungen anerkannter Fachgelehrter und Forscher anführen. Ich tue dies nicht nur, um der Kritik die Wege zur Beurteilung zu erleichtern, sondern auch um mich persönlich vor einer Selbsttäuschung zu bewahren, da jemand, der einen Gedanken verficht, nur zu leicht in den Fehler verfällt, die Voraussetzung so zu sehen, wie sie ihm passend erscheint.

Sehr oft werde ich auf die grundlegenden Versuche hinweisen, die Wasiutynski*), Direktionsingenieur der Warschau-Wiener-Eisenbahn vor etwa 30 Jahren an dieser Bahn nächst Warschau, und die Ast**), Baudirektor der Kaiser-Ferdinands-Nordbahn ein Jahr vorher bei Gänserndorf nächst Wien anstellten. Ast hat zum erstenmale die photographische Kammer mit einer lichtempfindlichen Platte, die durch ein Uhrwerk mit gleichmäfsiger Geschwindigkeit bewegt wird, angewendet; er hat anstatt eines Hebels den Lichtstrahl benützt, der die lotrechten Bewegungen in dreifacher Gröfse aufzeichnete. Wasiutynski hat die Vorrichtung für seine Versuche noch vervollkommt. Beide Forscher haben auf die vorhergegangenen Beobachtungen, die Flamache auf den belgischen Staatseisenbahnen 1887 und die Couard auf der Paris-Lyon-Mittelmeer-Bahn 1887 anstellte, aufgebaut und durch unmittelbare Beobachtungen nicht nur eine Nachprüfung der auf theoretischem Wege von Winkler, Schwedler und Zimmermann gewonnenen Ergebnisse ermöglicht, sondern auch zuverlässige und unmittelbar anwendbare Werte geliefert, die heute noch nichts von ihrer Gültigkeit eingebüfst haben. Es ist nicht zu verwundern, dafs die Zeit der grofsen Versuche am Oberbau mit den genialen Untersuchungen Asts und Wasiutynskis einen gewissen Abschlufs fand: es sind damals alle Fragen, die den Oberbau betreffen, mit einziger Ausnahme der Frage der dynamischen Einwirkung, geklärt worden und das Gleis von damals war im allgemeinen das Gleis von heute, da wir in der Entwicklung stehen geblieben sind. Wasiutynski stellte seine Untersuchungen an verschiedenen Oberbauarten an, darunter einer solchen mit Schienen von 38 kg/m, Holzquerschwellen von 2,7 m Länge und einem Abstand der mittleren Schwellen von 0,85 m unter einer Lokomotive von 12,3 t Achsdruck. Ast als Berichterstatter des Eisenbahnkongresses berichtet, dafs im Jahre 1898 die Gotthardbahn auf ihren Hauptstrecken einen Oberbau mit Schienen von 46 kg und 0,81 m gröfstem Schwellenabstand, die Paris-Lyon-Mittelmeer-Bahn einen solchen mit Schienen von 48 kg und 0,73 m Schwellenabstand, die französische Nordbahn mit Schienen von 45 kg und 0,80 m Schwellenabstand, die belgischen Staatsbahnen sogar mit Schienen von 52 kg/m bei einem Schwellenabstand von 0,80 m im Betrieb hatten. Die gröfsten Achsdrücke dieser Bahnen und die gröfsten Achsdrücke überhaupt waren 15,0 t, 15,27 t, 15,2 und 15,0 t. Die Fahrgeschwindigkeiten der schnellsten Züge waren 80 km/Std., ausnahmsweise waren auch 90 km zulässig. Geändert hat sich seit damals also nicht das Gleis, wenigstens nicht wesentlich, geändert haben sich aber die angreifenden Kräfte, da der Achsdruck mittlerweile von 15,2 t auf 20 t gestiegen ist und noch auf 25 t steigen soll. Damals konnte Ast mit Recht berichten, dafs die Eisenbahnverwaltungen ihren Oberbau als den derzeitigen Anforderungen entsprechend befunden haben.

*) Organ für die Fortschritte des Eisenbahnwesens, Jahrgang 1899.

**) Desgl. Jahrgang 1898, Ergänzungsband.

A. Der Stützendruck.

Der Stützendruck setzt sich aus dem statischen Druck der Verkehrslasten, also aus den Einwirkungen der Ruhelasten und aus den aus der Bewegung der Verkehrslasten entstehenden dynamischen Einwirkungen zusammen, welch letztere meist in Form einer »Stofsziffer« zu den statischen Drücken zugeschlagen werden.

1. Der statische Stützendruck.

Der statische Stützendruck ist nicht gleich dem gröfsten Raddruck der Verkehrslast, er ist kleiner als dieser. Er würde dem gröfsten Raddruck gleich sein, wenn gleichzeitig auf jede Stütze ein Rad zu stehen käme, dies ist aber bei der heute üblichen Stützenentfernung gänzlich ausgeschlossen. Im ersten Abschnitt habe ich die Achsentfernungen einiger der schwersten Lokomotiven Europas und Amerikas angegeben; es ist daraus zu ersehen, dafs erst bei einem Abstand der Stützen von 90 cm auf jede zweite Stütze eine schwere Radlast fallen kann, da die engste Radstellung 1,80 m beträgt. Der für die Berechnung des Oberbaues und der Brücken vorgesehene Lastenzug N der Deutschen Reichsbahn schreibt jedoch einen Abstand der 25 t/Lasten von 1,6 m vor, der Lastenzug E enthält 20 t/Lasten im Abstand von 1,5 m. Hält man daher an einem Höchstabstand der Stützen von 75 cm fest, so kann auch im Sinne der genannten Vorschrift im ungünstigsten Falle nur jede zweite Stütze der unmittelbaren Lasteinwirkung ausgesetzt sein.

Auch die Formeln für die Berechnung der Biegemomente in den Schienen setzen keine engere Laststellung voraus. Winkler geht von einem Lastenzug mit einer Last in jedem zweiten Felde aus. Zimmermann legt den Belastungsfall zugrunde, dafs eine Einzellast auf ein kurzes auf vier Schwellen liegendes Schienenstück wirkt.

Für die Berechnung der Stützendrücke wendet man allgemein die Formeln von Hoffmann und Schwedler an.

Die Formel von Hoffmann ist auf die in Abb. 7 dargestellte Laststellung aufgebaut, es ist bei gleichen Stützenabständen a, die Laststellung 2a, also jedes zweites Feld belastet.

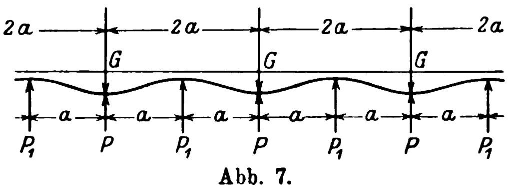


Abb. 7.

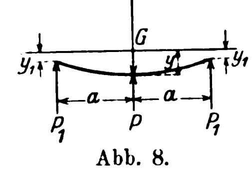


Abb. 8.

$$P = \frac{4\gamma + 1}{8\gamma + 1} \,.\, G.$$

Schwedler hingegen nimmt bei seiner Berechnung an, dafs sich nur eine Last auf der Schiene und zwar über einer Mittelstütze befindet und nimmt weiter die Schiene als einen auf drei elastischen Stützen liegenden Träger an (Abb. 8).

$$P = \frac{\gamma + 2}{3\gamma + 2} \,.\, G.$$

in beiden Formeln ist $\gamma = \frac{B}{D}$, wobei $B = \frac{6 \,.\, E \,.\, J}{a^3}$ die Last ist, die in der Mitte eines auf zwei unbeweglichen Stützen frei aufliegenden Schienenstückes bei einer Stützweite, die dem zweifachen Mittenabstande der Schwellen, also 2a gleich ist, eine Durchbiegung von 1 cm bewirkt. B ist somit von der Schiene und der Stützweite abhängig, E ist die Elastizitätsziffer, J das Trägheitsmoment der Schiene. E . J stellt die Steifigkeit der Schiene dar. D ist jene Last, welche im Schienenauflager auf die Stütze wirkend, eine Senkung der Stütze um 1 cm verursacht.

Bei der Querschwelle als Stütze wird die Senkung, wie bereits dargelegt, innerhalb gewisser Grenzen als proportional der Last angenommen. Diese Annahme ist auch den Formeln von Hoffmann und Schwedler zugrunde gelegt. Ist C die Bettungsziffer, b die Schwellenbreite und $2\,l$ die Schwellenlänge, so ist D nach einer Schätzung von Ast:

bei teilweise gestopfter Schwelle bis zur Schwellenlänge

$2\,l = 230$ cm . . . . $D = 0{,}68 \,.\, C \,.\, b \,.\, l$

desgleichen bei

$2\,l = 250$ cm . . . . $D = 0{,}76 \,.\, C \,.\, b \,.\, l$

desgleichen bei

$2\,l = 270$ cm . . . . $D = 0{,}80 \,.\, C \,.\, b \,.\, l$

Bei Stopfung der ganzen Schwelle wird $D = 0{,}92 \,.\, C \,.\, b \,.\, l$. Wasiutynski hat durch direkte Messungen $D = 0{,}85 \,.\, C \,.\, b \,.\, l$ gefunden.

Für den Oberbau mit der Schiene von 49 kg/m der Deutschen Reichsbahn wäre bei $J = 1800$ cm^4, $a = 65$ cm und $E = 2\,000\,000$ kg/cm^2

$$B = \frac{6 \,.\, E \,.\, J}{a^3} = 79 \text{ t.}$$

Für die Schwelle mit $2\,l = 250$ cm und $b = 26$ cm wäre D etwa

$$D = 0{,}80 \,.\, C \,.\, b \,.\, l = 2600 \,.\, C$$

für $C = 3 \quad D = 7{,}8 \text{ t} \quad \gamma = \frac{B}{D} = \frac{79}{7{,}8} = 10{,}1$

$C = 8 \quad D = 20{,}8 \text{ t} \quad \gamma = \frac{B}{D} = \frac{79}{20{,}8} = 3{,}8$

somit nach der Formel von Hoffmann

$$P_3 = \frac{4\gamma + 1}{8\gamma + 1} \,.\, G = 0{,}50 \,.\, G$$

$$P_8 = \frac{4\gamma + 1}{8\gamma + 1} \,.\, G = 0{,}52 \,.\, G$$

nach Schwedler

$$P_3 = \frac{\gamma + 2}{3\gamma + 2} \,.\, G = 0{,}38 \,.\, G$$

$$P_8 = \frac{\gamma + 2}{3\gamma + 2} \,.\, G = 0{,}43 \,.\, G.$$

Wasiutynski hat an fünf Oberbauarten durch direkte Messung der Senkungen der Schienen und Schwellen, ohne Anwendung der Formeln von Hoffmann oder Schwedler, als Mittelwert

$$P = 0{,}42 \,.\, G$$

gefunden, der ungefähr dem Mittelwert der Formeln von Hoffmann und Schwedler entspricht.

Die Werte von $\frac{P}{G}$ steigen nach der Hoffmannschen Formel von $\gamma = 0$ bis $\gamma = 1{,}5$ steil an, verändern sich dann sehr wenig; die der Schwedlerformel steigen bis $\gamma = 1{,}5$ weniger steil an, behalten aber dann ihre aufsteigende Richtung bei. Für $\gamma = 1{,}5$ haben beide Formeln den Wert $P = 0{,}54$ G. Der Grenzwert $\gamma = 0$ würde feste Stützen ($C = \infty$ ergibt $D = \infty$) bedeuten, dann wäre in beiden Formeln $P = G$, d. h. der Stützendruck dem Achsdruck der Verkehrslast gleich.

Es empfiehlt sich, mit dem ungünstigsten Wert von $\gamma = 1{,}5$ zu rechnen, da γ nicht nur von D, sondern auch von B abhängt und bei einer schwächeren Schiene oder einem gröfseren Schwellenabstand nahe an 1,5 herankommt.

Ich rechne somit mit einem statischen Stützendruck von

$$\mathbf{P = 0{,}54\ G.}$$

2. Der dynamische Stützendruck.

Der dynamische Einflufs geht sowohl vom Fahrzeug wie von der Fahrbahn aus.

Die rasch bewegten Massen der Fahrzeuge, besonders die der Lokomotiven, unrunde Räder usw. drücken meist stofsartig auf die Fahrbahn, diese selbst gibt durch jede Abweichung von der Geraden und durch jede Unstetigkeit Anlafs zu neuen Stofswirkungen und zu schwingenden Bewegungen, die in ihrer

Gröfse sehr schwer und nur annäherungsweise zu erfassen sind. Vor allem sind die grofsen Unstetigkeiten der Fahrbahn, wie sie bei dem im Schotterbett liegenden Gleis unvermeidlich sind, und in letzterem wieder die Schienenstofslücken die Hauptursache der Schlagwirkung auf das Gleis.

Dr. Ing. Saller hat die dynamischen Einwirkungen bewegter Lasten eingehenden Studien unterzogen. Ich führe einige für die vorliegende Untersuchung wichtige Stellen der von ihm im Organ für die Fortschritte des Eisenbahnwesens erschienenen Abhandlungen an. Die eine behandelt vornehmlich die in der Schiene auftretenden Spannungen*).

„Man ist gewohnt, die Formänderungen der Tragwerke und des Oberbaues unter bewegten Verkehrslasten für Ruhestellungen zu berechnen, sie sind aber Schwingungen und geneigt, von denen unter ruhender Last bedeutend abzuweichen. Sie stehen unter dem Einflusse der Zeit und können unter denen der Ruhe bleiben, wenn die Geschwindigkeit der Last nicht genügend Zeit zur Entwicklung der Formänderungen läfst; sie können andererseits bei genügender Zeit die Werte der Ruhe weit überschreiten. Mit der Betonung der Einflüsse der Bewegung soll die überragende Bedeutung der Berechnung für Ruhezustände nicht in Zweifel gezogen werden; die Dynamik ist meist selbst nicht in der Lage, aus eigenem Ergebnisse zu erzielen, die über die tatsächlich nötigen Abmessungen von Tragwerken, Oberbau und dergl. Aufschlufs geben; sie kann uns nur über die mitunter aufserordentlich grofsen Zuschläge unterrichten, mit denen die bewegten Lasten in die Gleichgewichtsberechnungen einzuführen sind.

Die Beobachtungen, wie weit die durch bewegte Lasten am Oberbau hervorgerufenen Beanspruchungen bei verschiedenen Geschwindigkeiten über die der Ruhe hinausgehen, stimmen nicht durchweg überein. Während Wasiutynski beobachtete, dafs die Spannungen bis zu etwa 64 km/Std. Geschwindigkeit unveränderlich etwa 50% über die der Ruhe hinausgehen, fand Dudley ein Anwachsen schon von einer weit geringeren Geschwindigkeit und ein Ansteigen zu weit höheren Werten.

Nach Flamache ist die Formänderung bei geringer Geschwindigkeit nur wenig von der der Ruhe verschieden; sie steigt indes rasch, bei ungefähr 80 km/Std. um 100% und nimmt über dieser Grenze wieder ab. Verschiedene kühne Amerikaner sollen nach Flamache sogar annehmen, dafs sich die Schienen bei sehr grofser Geschwindigkeit überhaupt nicht mehr durchbiegen.

Man scheint darüber einig zu sein, dafs die gröfsten Beanspruchungen des Gleises bei hohen Geschwindigkeiten auftreten. An der Bettung dagegen will man die Beobachtung gemacht haben, dafs die Eindrücke bei grofsen Geschwindigkeiten kleiner sind als bei geringen".

Über die Senkungen der Schwellen bei bewegter Last schreibt Dr. Saller**):

„. . . . . Nach Wasiutynski wurden bei Versuchen an der Warschau-Wiener-Bahn an den mittleren Schwellen bei V = 8 bis 70, im Mittel 43 km/Std., in den auf 1 t Radlast bezogenen Senkungen der Schwellen keine Unterschiede bemerkt, die ausschliefslich auf die Geschwindigkeiten der Züge zurückzuführen waren. Die Wirkung der Bewegung der Lasten hat in den oben angegebenen Grenzen der Geschwindigkeit keinen wesentlichen Einflufs auf die Senkung der Schwellen, also auch der Schiene über den Schwellen. Nach Beobachtungen von Ferry sind die dynamischen Durchbiegungen der Querschwellen unter bewegten Lasten nicht gröfser als unter ruhenden. Cuenot selbst beobachtete sogar, dafs sie 10 bis 20% geringer sind. Nach Beobachtungen von Häntzschel und Couard wächst die Senkung der Schwellen mit wachsender Geschwindigkeit nicht, sondern wird eher kleiner. Nur bei den Schnellfahrversuchen Marienfelde—Zossen soll die Verdrückung der Schiene, zusammengesetzt aus der Durchbiegung der Schiene und dem Niedergehen der Schwelle bis 145 km/Std. mit der Fahrgeschwindigkeit zugenommen haben."

In seiner Abhandlung »Eiserne Brücken unter bewegter Last« schreibt Dr. Saller mit Recht:

„Eine besondere Rolle spielen die Wirkungen der beweglichen Lasten an eisernen Bahnbrücken. Gerade hier empfindet man es längst als besonderen Rückstand, dafs die dynamischen Einflüsse in hohen Prozentzahlen roh geschätzt werden müssen, während anderseits die statischen Belange bis ins Kleinste abgewogen werden können".

Wollen wir daraus festhalten, dafs die rasch bewegten Massen Schienensenkungen hervorrufen können, die wesentlich gröfser als die des Ruhezustandes sind und zwar nach Ansicht eines Forschers bis auf die der doppelten Ruhelasten steigen können, dafs aber die Stützendrücke (gekennzeichnet durch die Senkungen der Schwellen) bei grofsen Geschwindigkeiten nicht wesentlich ansteigen.

Von den amtlichen Verordnungen haben die Brückenverordnungen seit jeher zur Erhöhung der Lastdrücke durch die dynamische Einwirkung Stellung nehmen müssen, weil man bei der Berechnung so grofser Bauwerke, die überdies für eine lange Reihe von Jahren bestimmt sind, dem Konstrukteur feste Berechnungsgrundlagen geben mufs.

Die bereits erwähnte Deutsche Brückenverordnung vom Jahre 1925 »Vorschriften für Eisenbauwerke« schreibt unter Einführung einer »Stofszahl« folgendes vor:

»Die von den senkrechten Teilkräften der Eisenbahnverkehrslast und den wagrechten Fliehkräften hervorgerufenen Momente, Querkräfte und Stabkräfte der Fahrbahn- und Hauptträger sind je nach der Stützweite und der Fahrbahnausbildung mit einer in der Tafel angegebenen Stofszahl φ zu multiplizieren.«

Auszugsweise enthält die Tafel folgendes:

Stützweite bis m	Stofszahl φ bei Brücken: mit Schienen unmittelbar oder mit Unterlagsplatten auf den Haupt-, Quer- oder Längsträgern $\varphi = 1{,}20 + \frac{17}{l+28}$	mit Schwellen auf Haupt- oder Längsträgern $\varphi = 1{,}19 + \frac{21}{l+46}$	mit durchgehender Bettung $\varphi = 1{,}11 + \frac{56}{l+144}$
0	1,80	1,65	1,50
2	1,77	1,63	1,49
4	1,73	1,61	1,49
6	1,70	1,59	1,48
8	1,67	1,58	1,48
10	1,65	1,57	1,48
20	1,55	1,51	1,45
30	1,49	1,47	1,43
40	1,45	1,43	1,41
50	1,42	1,41	1,40
60		1,39	
70		1,37	
—		—	
—		—	
> 150		1,30	

Wichtig ist die Berücksichtigung der Art der elastischen Lagerung des Gleises auf der Brücke durch die Verordnung, auf die ich später noch zurückkommen werde. Da die Stofsziffer der Brückenverordnung nicht die Berechnung der Schiene, sondern nur die Berechnung der Brücke, für die allein der Stützendruck mafsgebend ist, im Auge haben kann, kann die Stofszahl für die kleinstmögliche Stützweite bei Lagerung auf durchgehender Bettung mit

$$\varphi = 1{,}5$$

als zutreffend angenommen werden. Die dynamische Einwirkung auf den Stützendruck wäre somit mit 1,5 der Ruhelast anzunehmen.

*) Dr. Saller, Organ f. d. F. d. E., 1916, S. 211.
**) Dr. Saller, Organ f. d. F. d. E., 1917, S. 155.

Hieraus folgt der durch Ruhelasten und Verkehrslasten hervorgerufene Stützendruck

$$P = 0{,}54 \cdot 1{,}5 \cdot G = \mathbf{0{,}8 \cdot G}.$$

Für den Raddruck von $\frac{25}{2}$ t

$$\text{ist } P = 0{,}8 \cdot 12{,}5 = 10\,t$$

der unter gewöhnlichen Verhältnissen zu berücksichtigende gröfste Druck auf die Schienenstütze.

B. Die Elastizität des Gleises.

Die Elastizität des Gleises setzt sich beim Querschwellenoberbau aus der Elastizität der Schiene, der Befestigungsmittel, der Schwelle und des Schotterbettes einschliefslich des Untergrundes zusammen.

Es entsteht die Frage, welcher Grad an Elastizität ist erwünscht? Ist sie zu gering, so entsteht — wie bereits erwähnt — ein hartes Fahren, Stofswirkungen und Überbeanspruchungen der Fahrbetriebsmittel wie der Fahrbahn sind die Folge. Ist das Gleis zu elastisch d. h. sind die Stützen zu nachgiebig, so besteht die Gefahr, dafs das tiefeinsinkende führende Rad der Lokomotive das Gleis wellenförmig einbiegt und hierdurch grofse Widerstände findet. Im Querschwellenoberbau hat ein zu elastisches Gleis noch das leichte Lockern der Schienenbefestigungsmittel zur Folge.

Ich hatte von allem Anfang an, bevor ich mich noch mit der einschlägigen Literatur eingehender beschäftigte und so die Meinungen der Forschung kennen lernte, allein aus eigenen Beobachtungen und Betriebserfahrungen das Empfinden, dafs Stützensenkungen von nur 1 bis 2 mm ein zu unelastisches Fahren ergeben würden und dafs anderseits die oberste Grenze der Einsenkung zwischen 4 und 5 mm liegen müfste. **Ich halte eine derartige Elastizität für wünschenswert, die unter den schwersten Lasten und unter Berücksichtigung der dynamischen Einwirkung eine Stützensenkung von 3 bis 4 mm ergibt.**

Ich glaube, die Literatur gibt mir hierin nicht unrecht, vor allem, wenn ich daran erinnere, dafs die bisherige Forschung nur den Querschwellenoberbau mit Schotterbettung in Betracht ziehen konnte.

Im bereits erwähnten ausgezeichneten Buche von Dr. Karl Bräuning »Die Grundlagen des Gleisbaues*)« ist über die Elastizität des Gleises folgende Stelle enthalten:

„Die elastische Senkung des ganzen Gleises setzt sich zusammen aus dem elastischen Zusammenpressen des Gleisbettes und der Schwelle und dem Verschwinden von Hohlräumen zwischen Schiene, Schwelle und Bettung. Wie erwähnt, betrug die beobachtete elastische Zusammenpressung kieferner Schwellen unter einer Radlast von 6,8 t zwischen 0,6 und 1,8 mm. Als elastische Senkung des Kiesbettes nebst Untergrund wurde gleichzeitig 0,5 bis 1,2 mm gefunden. Das würde im festverbundenen und festgelagerten Gleis eine Gesamtsenkung von durchschnittlich etwa 2 mm ergeben. Die tatsächliche Senkung des ganzen Gleises unter gleicher Last wurde von Wasiutynski zu 2,2 bis 3 mm ermittelt, vom Verfasser im festverbundenen und gutgelagerten Gleis zu 1 bis 2,3 mm, im alten genagelten Gleis mit kiefernen Schwellen zu 1,5 bis 4,8 mm. Diese gröfseren Senkungen sind auf Hohlräume unter den Schienen oder Schwellen zurückzuführen. Durch feste Gleisverbindungen werden zwar die Hohlräume zwischen Schiene und Schwelle nahezu beseitigt, zwischen Schwelle und Bettung indessen vergröfsert..... Unter eisernen Schwellen werden Hohlräume bis 2 mm beobachtet.

In statischer Hinsicht macht sich das Mafs der elastischen Gleissenkung nach Zimmermann dahin geltend, dafs der Schienendruck auf den Schwellen und der Bettungsdruck mit wachsender Nachgiebigkeit der Bettung abnimmt, das Biegemoment der Schiene und Schwelle aber zunimmt. An den Stofsknicken erleidet die Gleissenkung der Ruhelage einen Zuwachs, der sich bei den oben beschriebenen Versuchen zwischen 50 und 100% bewegte. Den gleichen Zuwachs fand Wasiutynski bei seinen Beobachtungen. Ast schätzt den ganzen Zuwachs durch dynamische Angriffe bis auf 133%, Flamache und Dudley bis etwa 100%. Dafs das Zuwachsverhältnis mit dem Elastizitätsgrade des Gleises nach bestimmten Gesetzen wechseln sollte, war aus den bisherigen Beobachtungen nicht zu ersehen. Auch nach den sonstigen Erfahrungen liegt kein Grund vor, die Elastizität des Gleises, die bei der jetzigen Bauart etwa 2 bis 3 mm beträgt, zu vergröfsern und die Stofswirkungen abzuschwächen, zumal hiermit anderseits Nachteile, nämlich leichteres Lockern des Gleisgefüges und Längsschübe durch stärkere Wellenbildungen verbunden sein würden. Saller empfiehlt mäfsige aber gleichförmige Elastizität des Gleises, wenn er auch vom rein theoretischen Standpunkt ein gröfseres Mafs für nützlich hält.“

*) Dr. Bräuning „Die Grundlagen des Gleisbaues“, Berlin 1920.

Wollen wir daraus festhalten, dafs Bräuning eine elastische Senkung der Schwellen von 2 bis 3 mm für angemessen hält, Saller dagegen vom »rein theoretischen Standpunkt« ein gröfseres Mafs für nützlich erachtet. Ich glaube, dafs Bräuning auch nicht gegen eine mäfsige Erhöhung der Elastizität wäre, wenn er als Praktiker nicht die Nachteile vor sich sehen würde, die sich aus der Art der üblichen Gleisverbindung beim Querschwellenoberbau ergeben. Übrigens hatte Bräuning damals kaum eine Verkehrslast von 25 t vor Augen — die Versuche Wasiutynskis wurden mit einer Lokomotive durchgeführt, deren gröfster Achsdruck 12,3 t betrug — so dafs eine gröfste Stützensenkung auf das von mir bereits angegebene Mafs von 3 bis 4 mm unter den gröfsten Lasten kaum im Widerspruche mit Dr. Saller und auch nicht mit Dr. Bräuning stehen dürfte.

C. Die Berechnung der Feder.

Um zu erfahren, ob es eine Feder gibt, die der Bedingung entsprechen würde, unter der gröfsten Verkehrslast eine Zusammendrückung von höchstens 4 mm zuzulassen, die nicht ermüdet, wenn die Krafteinwirkungen beliebig oft und stofsartig erfolgen und deren Ausmafse sich innerhalb gewisser Grenzen befinden, habe ich mich an die Stahlwerke Gebrüder Böhler A. G. in Wien mit der unten folgenden Anfrage gewendet. Ich wandte mich an die Firma Böhler, weil es mir bekannt war, dafs ihr Stahlwerk in Kapfenberg in Steiermark aus steirischem Eisen einen Stahl erzeugt (Böhlerstahl), der besonders als Werkzeug- und als Federstahl einen Weltruf besitzt.

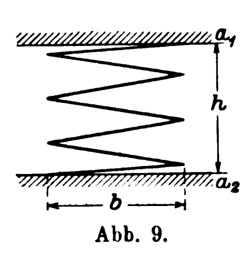


Abb. 9.

Die Anfrage, die ich stellte, ohne jedoch die Absichten bekanntzugeben, die ich damit verfolgte, war folgende:

»a_1 beweglich,
a_2 fest,
beide Flächen parallel.

Bedingungen:

$b < 10$ cm, allenfalls 11 cm,
h möglichst klein.
Durchmesser des Federstahls beliebig.
Die Feder soll oben und unten eine entsprechende Basis haben (Abb. 9).

Frage:

h bei unbelasteter Feder,
h_1 » 1 t ruhender Last,
h_2 » 2 t » »
h_3 » 3 t » »
. . . .
h_{12} » 12 t » »

Die Feder wird mit 5 t zusammengedrückt, dieser Druck wird konstant wirken. Ermüdet die Feder dabei? Wenn ja, in welcher Zeit? Veränderlich ist der Betriebsdruck, der bis zu 12 t, ausnahmsweise auch 15 t beträgt.

Die Zusammendrückung von 5 auf 12 t soll nicht mehr als 3 bis 4 mm betragen. Ist diese Bedingung erfüllbar? Kann die Wirkung noch als elastisch bezeichnet werden? Die Feder

würde einen aufsergewöhnlichen Stofs von 15 t übernehmen müssen, ist sie dazu imstande ohne ihre Kraft zu verlieren?

Können die Federn trotz Massenerzeugung so gleichmäfsig hergestellt werden, dafs sie bei gleicher Belastung z. B. 12 t alle die gleiche Höhe h_{12} haben? Eine Differenz von 1 mm wäre zulässig.«

Aus der Skizze meiner Anfrage ist ersichtlich, dafs ich vornehmlich an eine Schraubenfeder dachte, um eine gute Lagerung der Schiene auf der Feder, wie der Feder auf der Unterlage zu erhalten. Es ist aber damit nicht gesagt, dafs nicht auch andere Federarten, z. B. Kegelfedern, für den beabsichtigten Zweck in Betracht kommen könnten.

Die äufserst genaue Antwort auf meine Anfrage lautete:

»Auf Grund der gegebenen Daten haben wir eine Feder mit folgenden Abmessungen errechnet:

Aufsendurchmesser	90 mm
Innendurchmesser	30 mm
Rundstabdurchmesser	30 mm
wirksame Windungszahl	2
unwirksame »	3,5
freie Höhe	100 bis 115 mm.

Die Federung bei einer Belastung von 1000 kg haben wir mit 0,572 mm angenommen. Dieselbe ist natürlich nur theoretisch möglich, da sie in der Praxis nicht mit dieser Genauigkeit erreicht werden kann. Die Federung wird jedoch unter einer zunehmenden Belastung von 1000 zu 1000 kg ziemlich gleichmäfsig steigen. Beträgt die freie Höhe der Feder 110 mm, so wird sie unter 1000 kg 110 — 0,572 mm, unter 2000 kg 110 — 1,144 mm usw. aufweisen. Unter 15 t Belastung beträgt dann die Höhe 110 — 8,38 mm.

Einen konstanten Druck von 5000 kg kann die Feder aushalten, nachdem die Beanspruchung pro cm^2 unter dieser Belastung ziemlich nieder ist. In einer gewissen Zeit wird natürlich die Feder ermüden, doch wird ihre Lebensdauer immerhin eine ziemlich lange sein. Den veränderlichen Druck bis zu 15 t kann die Feder ebenfalls aufnehmen, er darf jedoch nicht dauernd auf sie einwirken.

Die Zusammendrückung bei der Belastung von 5 auf 12 t haben wir mit 4 mm festgelegt. Diese Bedingung ist bei Herstellung weniger Stücke ohne weiters erfüllbar, bei Massenherstellungen läfst sich jedoch eine präzise Einhaltung derselben nicht herbeiführen. Die Feder wird auch einen aufsergewöhnlichen Stofs von 15 t aushalten und dann wieder in ihre frühere Lage zurückkehren. Es wird also keine Setzung zu verzeichnen sein.

Wie schon erwähnt werden bei der Massenerzeugung dieser Federn Differenzen, wenn auch geringe auftreten, doch glauben wir gegebenen Falls die Toleranz von 1 mm einhalten zu können. Die Federn leiden durch die Einwirkung von Frost usw. Es ist daher besser, wenn die Stücke geölt werden.«

Auf meine weitere Anfrage teilte mir das Stahlwerk noch mit, dafs auch bei Massenherstellung eine Höhentoleranz in der freien Höhe von Maximum 3 mm einhaltbar ist.

Bevor noch die Beantwortung meiner Anfrage erfolgte, fand ich, dafs ich an die Leistungsfähigkeit der Schraubenfeder zu hohe Anforderungen gestellt hatte: Stützendrücke von 15 t treten, wie ich im vorstehenden darlegte, überhaupt nicht auf (zumindest nicht bei den europäischen Eisenbahnen), überdies kann durch die Anordnung von Doppelfedern, denen auch sonstige Vorteile zukommen, die Belastung der einzelnen Federn auf die Hälfte des Stützendrucks vermindert werden. Da die Antwort des Stahlwerks jedoch zeigt, welchen grofsen Ansprüchen eine Feder entsprechen kann, gebe ich Anfrage und Antwort in ungeänderter Form bekannt.

Für eine Doppelfeder dieser Art würde somit die Stützensenkung Y_1 für 1 t Last

$$Y_1 = \frac{0{,}572}{2} = 0{,}286 \text{ mm betragen.}$$

Um eine Einsenkung von 1 cm hervorzurufen, wäre ein Stützendruck von $D = \frac{10}{0{,}286} = 35$ t erforderlich.

Dieser Druck ist nichts anderes als der Druck D, den ich bei der Berechnung des Stützendrucks des Querschwellenoberbaus behandelt habe, nur ist D hier fast mathematisch genau ermittelbar, beim Querschwellenoberbau hingegen vom Bettungsdruck abhängig, der wie erwähnt zwischen drei und acht und noch weiteren Grenzen schwankt.

Bei einem Stützendruck von 10 t wäre die Stützensenkung bei obiger Doppelfeder

$$Y = 2{,}9 \text{ mm}$$

somit unter der von mir als entsprechend erkannten Höchsteinsenkung. Tatsächlich würden wir es hier mit einer wenig nachgiebigen, fast harten Stütze zu tun haben, was auch daraus hervorgeht, dafs der Druck von 35 t, der bei der Doppelfeder erforderlich ist, um eine Senkung von 1 cm hervorzurufen, im Querschwellenoberbau nach den vorliegenden Berechnungen einer Bettungsziffer von C = 13 entsprechen würde, die aber wohl nicht erreichbar ist.

Wenn ich noch den Stützendruck auf dieser wenig nachgiebigen Doppelfeder für die Schiene des deutschen Reichsoberbaus S 49 z. B. bei einer Stützenentfernung von 70 cm untersuche, so ist für a = 70 cm

$$B = \frac{6 \,.\, E \,.\, J}{a^3} = 63 \text{ t}, \quad \gamma = \frac{B}{D} = \frac{63}{35} = 1{,}8.$$

Der statische Stützendruck ist dann nach Hoffmann P = 0,54 G, nach Schwedler P = 0,51 G.

Der Gesamtstützendruck ist somit 0,54 . 1,5 . 12,5 t = 10 t, also trotz der wenig nachgiebigen Stütze nicht höher als das bereits früher errechnete Mafs.

Wenn der Bruch einer Stütze eintreten würde, so dafs die Stützweite zweimal 0,70 cm also a = 140 cm wird, wäre

$$B = \frac{6 \,.\, E \,.\, J}{a^3} = 7{,}8 \text{ t}, \quad \gamma = \frac{B}{D} = \frac{7{,}8}{35} = 0{,}22,$$

der statische Stützendruck nach Hoffmann P = 0,68 G, nach Schwedler P = 0,76 G, der Gesamtstützendruck 0,76 . 1,5 . 12,5 = 14,25 t, die gröfste Stützensenkung hierfür 4,3 mm. Der Stützendruck würde aber in Wirklichkeit kleiner als 14,25 t und die Senkung kleiner als 4,3 mm sein, weil beim Bruch einer Stütze nur ein Feld eine Stützweite von 140 cm, die Nachbarfelder aber eine solche von 70 cm haben würden.

Die Doppelfeder würde aber auch den Druck von 14,25 t übernehmen können, da dieser erst die Hälfte jener Belastung erreicht, welche der die Feder berechnende Ingenieur für zulässig hält. Auch die Stützensenkung wäre bei diesem Ausnahmefall noch gering, wobei überhaupt die Frage offen bliebe, ob man derartige Möglichkeiten in die Rechnung einzubeziehen, oder, wie dies bei Berechnung der Schienen üblich ist, durch die entsprechend niedrig gehaltene zulässige Inanspruchnahme zu berücksichtigen hat.

Ich würde für einen Schweroberbau mit einer Schiene von etwa 50 kg/m und einer Stützenweite von 65 bis 70 cm, der für einen Achsdruck von 25 t und für Geschwindigkeiten von über 100 km bestimmt ist, eine Doppelfeder vorschlagen, deren Federung (Durchbiegung) bei einer Belastung von 1 Tonne

$$Y_1 = 0{,}35 \text{ mm}$$

beträgt. Die gröfste Einsenkung im normalen Betriebe, hervorgerufen durch den gröfsten Achsdruck bei ungünstigster Laststellung und Berücksichtigung der von der Fahrgeschwindigkeit herrührenden Einwirkung, wäre dann **3,5 mm.**

(Schlufs folgt).

Der Gleisbauwagen Bauart Hoch.

Von Reichsbahnoberrat **Schultheifs**, München.

Die Bestrebungen bei der neuzeitlichen Bahnunterhaltung gehen dahin, die teure, ungleichmäfsige und zeitraubende Handarbeit mehr und mehr durch Maschinenarbeit zu ersetzen; es darf auf die Verdichtung der neuen Bettung durch Walzen, auf das Eindrehen der Schrauben mit den von den Firmen Krupp und Robel in den Handel gebrachten Maschinen und auf die Gleisstopfmaschine der Firma Krupp verwiesen werden. Unkraut, das bisher mühsam mit Hand beseitigt wurde, versucht man mit der Scheuchzerschen Jätemaschine oder mit Sprengwägen auf chemischem und maschinellem Wege unschädlich zu machen.

In der neuesten Zeit ist man dazu übergegangen, auch bei der Verlegung der Gleise maschinelle Hilfsmittel zu verwenden. Bekannt ist der Gleisbaukran der Firma Mohr und Federhaff, Mannheim, der auf der Seddiner Ausstellung vorgeführt und bei der Reichsbahndirektion Elberfeld verwendet wurde*). Ganz verschieden von dieser Maschine ist ein anderes Gleisbaugerät, der vom Ingenieurbureau Hoch in Frankfurt (Main) konstruierte Gleisbauwagen. Auf Veranlassung der Gruppenverwaltung Bayern wurde ein solcher Wagen im Jahre 1926 beschafft und der Reichsbahndirektion München zur Verwendung bei Gleisumbauten zugeteilt. Diese Gleisbaumaschine unterscheidet sich wesentlich von dem Gleisbaukran dadurch, dafs sie profilfrei ist; kein Teil des Wagens ragt während der Arbeit über den Lichtraum hinaus und alle Bewegungen beim Vorstrecken und Abbruch der Gleise gehen nur in der Längsrichtung des Wagens vor sich, nie senkrecht dazu. Eine ähnliche Maschine ist bei den irischen Bahnen in Verwendung**).

Der zweiachsige Gleisbauwagen ist 4,15 m hoch und 3,11 m breit; auf dem Wagenboden sind drei torartige Rahmen aufgebaut, die eine lichte Höhe von 2,56 m haben; die lichte Weite ist 2,87 m und genügt demnach zur Durchführung von Schwellen, die 2,70 m lang sind. Oben an den Rahmen ist ein Ausleger angebracht, der aus zwei I-Trägern Normalprofil 32 besteht. Die Entfernung der Träger beträgt 0,80 m und ist so gewählt, dafs zwei Laufwerke, die zum Heben und Fortbewegen der Gleisrahmen dienen, noch Platz haben. Auf dem Ausleger vollzieht sich das Ein- und Ausbauen der Gleisrahmen; das eine Ende ist vom Wagenmittel 7,15 m, das andere dagegen 14,15 m entfernt. Um eine ungünstige Beanspruchung des längeren Kragarmes beim Abheben von alten Gleisen oder Absenken von neuen Gleisstöfsen zu verhüten, wird in einem Abstand von 4,0 m vom Ende dieses Armes eine Abstützung angebracht, die in der Längsrichtung verschoben werden kann und wenn der Wagen aufser Betrieb ist, unmittelbar neben dem einen Endportal befestigt wird. Um die Beförderung der Wagen in Zügen zu ermöglichen, sind die längeren Auslegerträger mit Gelenkbändern auf 5,40 m Länge nach aufsen umklappbar, so dafs das Ende der Träger dann nur noch 8,75 m vom Wagenmittel entfernt ist. Der Gleisbauwagen ist mit je zwei Hub- und Fahrwinden ausgerüstet, die auf dem Boden des Wagens eingebaut sind und durch Drahtseile die beiden am Ausleger befindlichen Laufwerke in Gang setzen. Die Winden wurden bisher mit Hand angetrieben, wofür an jedem Wagen vier Mann nötig waren; es ist beabsichtigt, bei den heurigen Umbauten die Winden elektrisch anzutreiben, wodurch die Gleisarbeiten erheblich beschleunigt werden können.

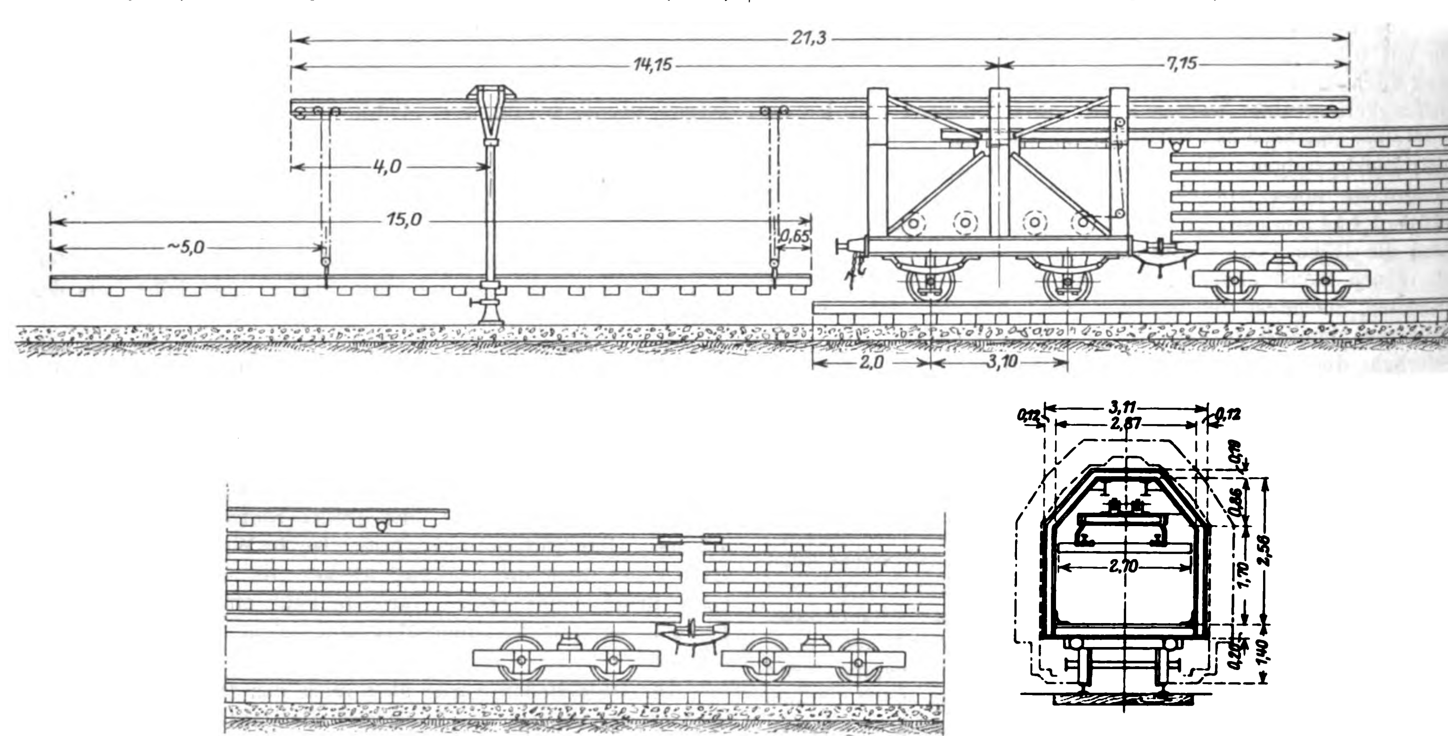


Abb. 1. Ansicht und Querschnitt des Gleisbauwagens.

In der Regel werden zu den Gleisbauten zwei Hochsche Wagen verwendet, einer zum Abbrechen des alten Gleises und der andere zum Verlegen des neuen Gleises. Zu jedem Wagen gehören mehrere **SS**-Wagen, auf welche die Gleisrahmen verladen werden. Auf dem Lagerplatz des der Umbaustelle benachbarten Bahnhofs werden die fertig zusammengebauten Gleisrahmen unter den vorderen längeren Ausleger verbracht, mit den herabgelassenen Laufwerken emporgehoben und durch den Gleisbauwagen hindurch auf die Schienenwagen verschoben. Dieser Vorgang wiederholt sich so oft, bis die an der Baustelle benötigten Gleisrahmen verladen sind. Um das Verschieben

*) Organ 1927, Heft 4.
**) Organ 1926, Heft 4.

in der Längsrichtung auf den Schienenwagen zu erleichtern, werden unter den einzelnen Rahmen kleine, leicht abnehmbare Laufrollen angebracht; ferner werden die Schienenenden zwischen den Wagen durch einfache Formstücke verbunden. Auf der Umbaustelle vollzieht sich der Vorgang in der umgekehrten Reihenfolge. Das oberste Gleisstück des vorderen Schienenwagens wird mit leichten Winden angehoben und mit Laufrollen versehen; dann wird es in der Längsrichtung zum Gleisbauwagen vorgerollt und mit den Laufwerken auf das Schotterbett abgesenkt. Beim Ausbau der alten Gleisstücke und Abladen auf dem Lagerplatz ist der Arbeitsvorgang der gleiche.

Umgebaut wurde mit Hilfe des Gleisbauwagens eine 7740 m lange Strecke zwischen den Bahnhöfen Maisach und Lochhausen auf der Doppelbahn München—Augsburg in der Zeit vom 5. August bis 9. Oktober; hierbei wurde Oberbau der Form X durch Reichsoberbau S 49 auf Holzquerschwellen ersetzt. Wegen der starken Belegung der Strecke konnte eingleisiger Betrieb während des Umbaues nicht in Betracht kommen; es mufsten daher zwei Betriebspausen von 9^{05} bis 11^{45} mit 160 Minuten und von 1^{25} bis 3^{45} mit 130 Minuten ausgenützt werden. Die Bettung war kurz vor dem Umbau bereits erneuert worden. In einer Pause wurden höchstens 120 m umgebaut. Die durchschnittliche tägliche Leistung betrug 180 m, weil durch Unregelmäfsigkeiten im Zugsverkehr, durch Sonderzüge sowie durch Störungen beim Zusammenbau der Gleisrahmen und an der Gleisbaumaschine Zeitverluste eintraten. Beschäftigt waren im ganzen 56 Arbeiter und zwar zehn beim Ausbauwagen, zwölf beim Einbauwagen und 34 für andere Arbeiten, wie Ablaschen der alten und Anlaschen der neuen Schienenstöfse, Anschliefsen und Entfernen der Gleise.

Der geringste Zeitaufwand für Aus- und Einbau von 120 m Gleis betrug 101 Minuten; hiervon treffen auf die Fahrzeit von der Station Maisach zur Umbaustelle und zurück 18 Minuten und auf Herstellen des Anschlusses acht Minuten. Der Ausbau dauerte 65 Minuten und der Einbau 60 Minuten. Der Zeitaufwand für die eigentlichen Gleisarbeiten betrug 83 Minuten; an mehreren Tagen wurden diese Arbeiten in 65 Minuten ausgeführt, wobei der Ein- und Ausbau je 50 Minuten dauerte und mit dem Einbau zehn Minuten nach Beginn des Ausbaues begonnen wurde; die Anschlufsarbeiten beanspruchten fünf Minuten. Eine bessere Ausnützung der Betriebspausen und gröfsere Umbauleistung wird bei den heurigen Gleisumbauten erreicht werden, wenn die Winden mit elektrischem Antrieb versehen sind.

Die Stundenleistung der irischen Gleislegemaschine wird mit 100 bis 130 m Gleis bei 13,5 m langen Schienen angegeben.

Die beiden Gleisbauwagen haben 32000 ℳ gekostet; rechnet man für Verzinsung und Tilgung 20 % und für Unterhaltung 15 %, dann trifft bei 150 Arbeitstagen und 180 m täglicher Umbauleistung auf 1 m Gleis der Betrag von 0,42 ℳ. Die Leihgebühr für die zwei Lokomotiven, welche die Umbauzüge beförderten, betrug dagegen 0,90 ℳ für 1 m Gleisumbau; es ist beabsichtigt, durch Abstellung leichter, nicht mehr allgemein verwendbarer Lokomotiven diese Gebühr erheblich abzumindern.

Nach den genauen Aufschreibungen betrugen die gesamten Kosten für 1 m Gleisumbau samt Beseitigung der alten und Einbringen der neuen Bettung sowie Aufrechnung der angegebenen Beträge für die Gleisbauwagen und Lokomotiven 12,30 ℳ. Dieser Betrag wird bei den heutigen Umbauten durch Steigerung der Umbauleistung und Ermäfsigung der Leihgebühr der Lokomotiven noch geringer werden. Vergleichsweise möchte angeführt werden, dafs auf einer anderen Strecke bei Handarbeit und gleichem Stundenlohn für 1 m Gleisumbau 14,40 ℳ aufgewendet werden mufsten.

Nach den bisherigen Erfahrungen wird der Gleisbauwagen auf Neubaustrecken sich besonders bewähren, weil er voll ausgenützt werden kann. Auch die Gleisbauarbeiten bei eingleisigem Betriebe auf Doppelbahnen lassen sich beschleunigen, wenn nach Herstellung der Bettung mittels des Stampf- oder Walzverfahrens der Oberbau in einem Zuge verlegt wird. Die Durchführung des grofsen Umbauprogramms in den nächsten Jahren wird auf manchen Hauptbahnstrecken schwierig werden, wenn eingleisige Betriebe in dem bisherigen Umfange von dem Betriebe nicht mehr zugestanden werden; mit Hilfe des Gleisbauwagens wird es jedoch auch auf stark belegten Strecken

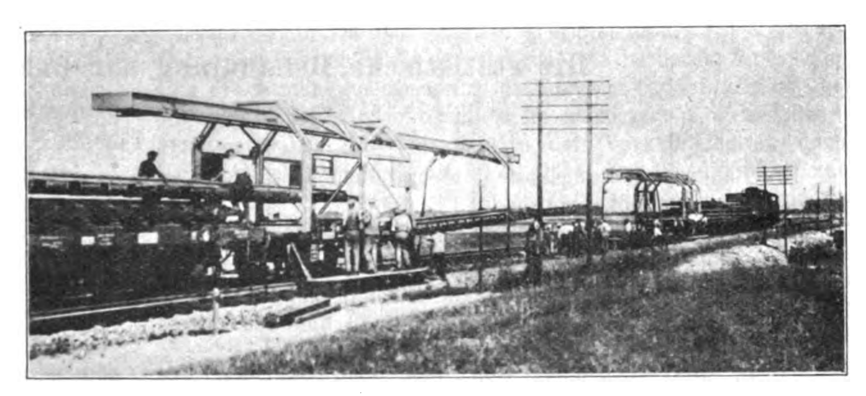


Abb. 2. Ausbauwagen (rechts) und Einbauwagen (links).

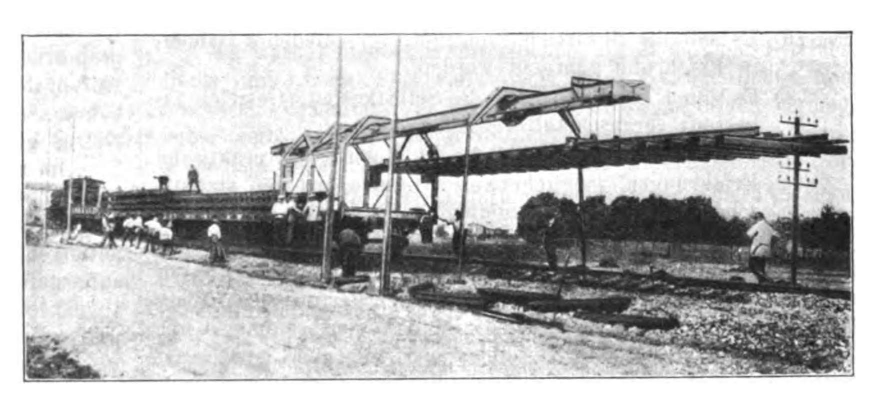


Abb. 3. Absenken des neuen Gleises auf die Bettung.

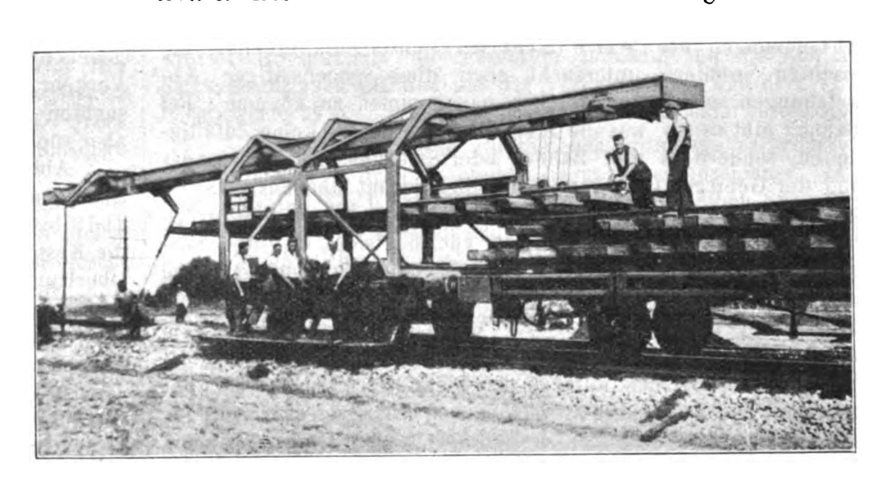


Abb. 4. Verladen des ausgebauten Gleises durch den Gleisbauwagen hindurch auf den Schienenwagen.

gelingen, Gleisumbauten rasch und sicher durchzuführen. Ein weiterer Vorteil des neuen Umbauverfahrens liegt darin, dafs die Oberbauteile schonlicher behandelt werden wie bisher; das kommt insbesondere zur Geltung bei den Altstoffen, weil die ausgebauten Gleise auf dem Lagerplatze des nächsten Bahnhofs und nicht mehr auf der Baustelle auseinandergenommen werden, wodurch auch die Verluste an Kleineisenzeug geringer werden. Da bei den Umbauten mit der Hochschen Maschine die Oberbauteile nicht mehr auf der freien Strecke, sondern auf dem Nachbarbahnhof untergebracht sind, wird ferner eine nicht zu unterschätzende Erhöhung der Betriebssicherheit erreicht. Schliefslich darf darauf hingewiesen werden, dafs in betriebstechnischer Hinsicht der Gleisbauwagen dem Gleisbaukranen überlegen ist, weil die Gleisumbauarbeiten innerhalb des Lichtraums vor sich gehen und der Betrieb auf dem Nachbargleis in keiner Weise beeinträchtigt wird; zudem kann der Kran auf manchen Strecken, insbesondere den elektrisch betriebenen, überhaupt nicht verwendet werden.

Die statistische Behandlung der Bahnunterhaltungskosten.

Von Dipl.-Ing. **Josef Nemcsek**, Hatvan.

Hierzu Tafel 23.

Die Bahnunterhaltungskosten im einzelnen zu kennen, ist bei folgenden Aufgaben notwendig:

a) Es sollen Ausgabesummen für die Bahn oder ihre Teile veranschlagt werden, getrennt nach Posten.

b) Es sollen Ausgabeposten für einzelne Teile derselben Bahnverwaltung verglichen werden, um den Erfolg der Bewirtschaftungsgüte zu erfahren.

c) Es sollen Ausgabeposten der Teile einer Bahnverwaltung unter verschiedenen Umständen verglichen werden, um den Einflufs dieser Umstände bewerten zu können.

d) Es soll die Bewirtschaftungsgüte verschiedener Bahnen in Erfahrung gebracht werden.

e) Es sollen bei Neubauten die Selbstkosten (Gestehungskosten) veranschlagt werden.

f) Man sucht wissenschaftliche, d. h. mittelbar praktische Erfahrungen, möglicherweise Gesetze aus den statistischen Unterlagen abzuleiten.

Die wirtschaftliche Statistik der Bahnen ist nicht in der Lage, von der Arbeitsweise der höheren Statistik Gebrauch zu machen. Ihre Leistung besteht hauptsächlich darin, verschiedene Durchschnittswerte zu vergleichen. Man kommt so immer mit dem arithmetischen, oder ausnahmsweise mit dem gewogenen Mittel aus. Weshalb eine höhere Rechnungsart, etwa nach den Grundsätzen der Wahrscheinlichkeitsrechnung, nicht angestrebt wird, ist leicht ersichtlich. Man kann und will die Abweichungen der Werte nicht als blofse Zufälligkeiten betrachten, sondern untersucht eben diese gegenseitigen Abweichungen, um ihren Ursachen nahekommen zu können. Bei Bahnen gibt es — was die Ausgaben betrifft — keine Zufälligkeiten, sondern es gibt Bahnen oder Strecken des Flachlandes und der Gebirge, freigebig oder billig gebaut und ausgestattet, solche starken oder schwachen Betriebes, sparsam oder grofszügig verwaltet, sozial gerecht oder rücksichtslos; es gibt Staatsbahnen, Privatbahnen usw. Die Gebarung mit Auslagen und Einnahmen richtet sich nach solchen wichtigen Verschiedenheiten und natürlich nach der wirtschaftlichen Lage sowohl des Landes, als auch der Bahnverwaltung.

Die Lösung der anfangs angedeuteten Fragen wird nur gelingen, wenn wir die verschiedenen Ursachen kennen, die den Bedarf an Ausgaben beeinflussen, nicht nur allgemein, sondern nach Wertziffern. Die Ausgaben sollen also als Funktionen von bestimmt und leicht erfafsbaren Veränderlichen dargestellt werden.

Um die Bahnunterhaltungskosten übersichtlich, ohne allzu grofse Mühe und mit Benutzung vorhandener statistischer Unterlagen gleichmäfsig behandeln zu können, ist wohl nur e i n e solche Veränderliche zu finden, mittels welcher die Aufgaben a bis f mit noch hinreichender statistischer Treffsicherheit lösbar werden. Diese Veränderliche ist die Gröfse des Verkehres; sie beeinflufst die verschiedensten Posten der Ausgaben der Bahnunterhaltung am meisten, Beständigkeit der Preise und Löhne vorausgesetzt.

Verkehr ist im Grunde Massenverschiebung, also Arbeit (kinetische Energie). Die Bahnunterhaltung hat es mit dem natürlichen Reibungsverschleifs zu tun, der bei der Umsetzung der Kräfte eintritt, wobei ein gerades Verhältnis vorzuliegen scheint.

Wir stellen den statistischen Satz auf: »Unter annähernd gleichen Umständen sind die für den Streckenkilometer gerechneten Bahnunterhaltungskosten im grofsen Durchschnitt verhältnisgleich zur Verkehrsdichte.«

Die Gröfse des Verkehrs wird in der Statistik durch Zugkilometer, Achskilometer, oder am genauesten (wenn auch nur proportional) durch »zahlende« Bruttotonnenkm angegeben. Die Anzahl der Bruttotonnenkm, die den Jahresverkehr eines Eisenbahnnetzes mifst, dividiert durch die Gleiskilometeranzahl des Netzes gibt die Verkehrsdichte des Netzes an, für jenes Jahr.

Im nachstehenden und in den bildlichen Darstellungen der Taf. 23 finden wir die Bahnunterhaltungskosten der gesamten ungarischen Staatsbahn, sowie ihrer Unterteilungen, der Betriebsleitungen, für die letzten zehn Friedensjahre nach dem oben aufgestellten Satze behandelt, und zum Schlusse einen Satz abgeleitet, welcher der unter f) angedeuteten Art der Fragestellung angehört.

Ohne auf weitere allgemeine Erörterungen einzugehen sei bemerkt, dafs der oben angeführte Grundsatz eigentlich eine unterwiesene Verallgemeinerung einschliefst, da sonst die Statistik mehrerer Bahnnetze bearbeitet werden müfste. Auch soll zugegeben werden, dafs andere Verhältnisse, namentlich stärkerer Verkehr, erheblichen Einflufs ausüben können. Für den untersuchten Fall (sozusagen für seinen Gültigkeitsbereich) kann aber von einer statistischen Gesetzmäfsigkeit sicher die Rede sein.

Abb. 1, Taf. 23 zeigt die Jahresausgaben der ungarischen Staatseisenbahnen an Bahnunterhaltungskosten in den Jahren 1913 bis 1904 zurück. Die Ordinaten der Linie VII bedeuten die Kosten des Unterbaues, die der Linie VIII die Kosten des Oberbaues, die der Linie IX die Kosten des Eisenbahnhochbaues, die der Linien IV und V die persönlichen Ausgaben des Bahnunterhaltungsdienstes auf der Strecke und der Bahnbewachung. Dabei mifst 1 cm der Ordinaten 200 Kronen auf 1 km Strecke. Strichpunktiert sind auch eingezeichnet die Gesamtausgaben der Bahnunterhaltung und zwar bis zum Jahre 1896 zurück. 1 cm dieser Ordinaten bedeutet 600 Kronen für 1 km.

Als Vergleich zu den Kostenlinien ist die Linie der Verkehrsdichte ϱ mit stärkerer Linie dargestellt, und zwar für die Jahre 1896 bis 1913. (1 cm bedeutet 400000 Bruttotonnenkm auf 1 km Strecke.)

Mehr als auffallend ist, dafs die Linie der Verkehrsdichte in zwei Abschnitten, von 1896 bis 1906 und von 1908 bis 1913, mit der Linie der Gesamtausgaben fast parallel läuft, während dies nicht der Fall ist bei der Linie der blofsen Verkehrsgröfse.

Wir können also die Gesamtkosten als lineare Funktion der Verkehrsdichte ansehen, und so entsteht für die Jahre

1896 bis 1906 die Gleichung $K = 1480 \varrho$ und für 1908 bis 1913 $K = 1710 \varrho$. (Es bedeuten K die Ausgaben der Bahnunterhaltung für das Jahr und 1 km Gleis in Kronen, und ϱ 1000 »zahlende« Bruttotonnenkm auf 1 km Gleis.) Diese Grösse läfst sich aus den statistischen Veröffentlichungen der königl. ungarischen Staatsbahnen auch für die einzelnen Betriebsleitungen leicht bilden. ϱ war bei dieser Bahn von 1895 bis 1913 der Reihe nach 1130, 1174, 1104, 1097, 1082, 1162, 1146, 1161, 1186, 1201, 1262, 1339, 1396, 1468, 1523, 1546, 1645, 1734, 1773.

Die Bahnunterhaltungskosten berechnet nach obigen Gleichungen zeigen von den tatsächlichen Kosten Abweichungen, die in den Jahren 1896 bis 1913 nur zwischen $+ 5\,^0/_0$ und $- 5\,^0/_0$ liegen!

In den Jahren 1907 bis 1908 tritt ein starkes Anwachsen der Gesamtkosten von 1480 ϱ bis auf 1710 ϱ ein. Zur Erklärung dieses Sprunges sind in Abb. 2, Taf. 23 die Linien der Kosten für 1 m Schiene des schweren Oberbaues, weiter die Kosten der Holzschwellen auf 1 km, endlich die Anzahl der ausgewechselten Holzschwellen eingezeichnet, alles für die Jahre 1890 bis 1913. Daraus ist zu ersehen, dafs die neue Konstante (1710) in den Jahren 1908 bis 1913 hauptsächlich von den teueren Einheitspreisen des Holzes und Stahles herrührt.

Die jährlichen Bahnunterhaltungskosten unterteilt nach Kosten des Unterbaues (VII), Oberbaues (VIII), Hochbaues (IX), ferner die Personalkosten, die Kosten für Sicherungs- und Signaldienst zeigen ebenfalls deutlich einen Verlauf proportional zur Verkehrsdichte, und so können wir wieder in zwei Gruppen für die ungarischen Bahnen in den angegebenen Jahren folgende statistischen Kostengleichungen angeben:

$K_{IV} = 240\,\varrho$	$K_{IV} = 240\,\varrho$
$K_{V} = 317\,\varrho$	$K_{V} = 306\,\varrho$
$K_{VI} = 27\,\varrho$	$K_{VI} = 20\,\varrho$
$K_{VII} = 152\,\varrho$	$K_{VII} = 146\,\varrho$
$K_{VIII} = 827\,\varrho$	$K_{VIII} = 650\,\varrho$
$K_{IX} = 147\,\varrho$	$K_{IX} = 118\,\varrho$
$K = \Sigma K = 1710\,\varrho$	$K = \Sigma K = 1480\,\varrho$

Die Verkehrsdichte ist der Schlüssel, oder vielmehr das Mafs, nach welchem allein die Wirtschaft und die Ausgaben der Bahnen, Direktionen oder Betriebsleitungen miteinander vergleichbar werden. Nebenumstände können die Kraft der gezogenen Folgerungen abschwächen, doch kann man sie immer noch mit einiger Sicherheit in die Rechnung einstellen. Aber auch dann bleibt die Verkehrsdichte immer noch die wichtigste Grundlage des Vergleichens.

Desgleichen müfsten die jährlichen Kostenvoranschläge der einzelnen Betriebsleitungen im Verhältnisse zur Verkehrsdichte ihrer Linien stehen. Jede bedeutendere Abweichung von diesem Grundsatze dürfte eine rationelle Wirtschaft nur nach eingehender Begründung dulden.

In der Vorkriegszeit wurde bei der MAV. auf die einheitliche und rationelle Kostengebarung der einzelnen Betriebsleitungen kein so grofses Gewicht gelegt wie heute, und doch bestätigen die letzten zehn Jahre vor dem Kriege am kräftigsten das statistische Gesetz der Bahnunterhaltungskosten. Auf Abb. 3 bis 12, Taf. 23 sind für die Jahre 1904 bis 1913 die nach Posten geteilten Bahnunterhaltungskosten (IX Hochbau, VIII Oberbau, VII Unterbau usw.), für die einzelnen Betriebsleitungen aufgetragen, wobei diese nach der Gröfse ihrer Verkehrsdichte auf der Abszisse geordnet sind. Die Verkehrsdichten wurden ebenfalls aufgetragen. Es ist daraus zu ersehen, dafs die Linien der Kosten zwar unstetig verlaufen, dafs aber die Linien ihrer Gewichtspunkte im ganzen doch eine fallende Tendenz haben, wie die Linien der Verkehrsdichten auch. Das statistische Gesetz ist also nicht nur für die MAV. als Ganzes gültig, sondern auch für ihre kleineren Teilgebiete, nämlich die Betriebsleitungen. Die Abweichungen (zackiger Verlauf der Kostenlinien) haben überall ihre besonderen Gründe. Diese hätten seinerzeit von zuständigen Stellen festgestellt werden können, wodurch auch mitunter die Wirtschaftlichkeit des Betriebes mehr oder minder hätte beeinflufst werden können. Die bewegten Abbildungen spiegeln mit ihrer sozusagen allgemeinen Einstellung (Kosten in Reihenfolge der abnehmenden Verkehrsdichten) gewissermafsen die Geschichte der Bahnunterhaltung von zehn Jahren wieder.

Es wäre lohnend zu untersuchen, ob auch beim Betriebsdienst und beim Förderungsdienst die Verkehrsdichte eine statistische Grundlage zur Kostenvergleichung zu bilden vermag, wobei selbst ein nicht gradliniger, sondern vielleicht parabolischer Zusammenhang auch noch wertvoll erscheinen würde.

Mit überraschender Sicherheit beweisen die Abb. 13a bis k der Taf. 23 die Gültigkeit eines weiteren statistischen Gesetzes. Die persönlichen Auslagen an Linienbewachung und Bahnunterhaltung (Posten IV und V) zusammen, also die gesamten Ausgaben für Bahnunterhaltungsangestellte (jedoch ohne die Arbeiter) sind aufs engste mit den Gesamtausgaben der Bahnunterhaltung verbunden, obwohl summenmäfsig die persönlichen Ausgaben nur einen kleineren Teil der Bahnunterhaltungskosten ausmachen. In den Abb. 13a bis k der Taf. 23 wurde je für die Jahre 1904 bis 1913 und für alle Betriebsleitungen aufgetragen, um wieviel Hundertteile die gesamten tatsächlichen Bahnunterhaltungsausgaben von den aus der Verkehrsdichte und dem Verhältniswerte 1710 ϱ und 1480 ϱ errechneten Kosten abweichen.

Ferner sind noch die auf gleicher Grundlage errechneten Abweichungen für die persönlichen Ausgaben eingezeichnet. Die beiden Linien des Kostenvergleichs machen dieselben Sprünge: die mittlere Abweichung in den 96 untersuchten Fällen beträgt $+ 0{,}01\,^0/_0$! Dieses statistische Gesetz bestätigt letzten Endes die alte Wahrheit, dafs viel überflüssige Köpfe und Arme viel überflüssige Arbeit unternehmen.

Schwellentränkung mit Seesalz.

Von Oberingenieur **L. Lubimoff**, Moskau.

Diese Art von Schwellentränkung wird seit mehreren Jahren auf einigen russischen Eisenbahnen angewendet, in deren Bereiche grofse Salzseen oder Meerbusen mit konzentriertem Salze sich befinden. So z. B. auf den südöstlichen Linien der Rjazan-Oural Bahn, von denen der Eltonsee und der Baskountschaksee angeschnitten wird, und auf dem Netze der Südbahnen, wo der seichte Meerbusen »Siwasch« des Schwarzen Meeres sich befindet.

Man wird selbstverständlich von Natursalz als Tränkungsstoff keine allzu grofse fäulniswidrige Wirkung erwarten, schon deswegen nicht, weil das Chlormagnesium, das in hohem Prozentsatze den wirksamsten Bestandteil des konzentrierten Meer- und Seesalzes ausmacht, sehr hygroskopisch ist; dennoch kann man es als ziemlich erfolgreiches Mittel zur dauernden Schwellenerhaltung betrachten. Wenigstens geben die seit dem Jahre 1889 gewonnenen Ergebnisse mit den auf den obenerwähnten Bahnen im Gleis liegenden, salzgetränkten Holzschwellen Anlafs zu behaupten, dafs unter günstigen Umständen die Salztränkung ein gutes, billiges Mittel zur dauernden Erhaltung der Schwellen ist.

Die folgende Zusammenstellung Seite 190 kann zur Bestätigung dieser Behauptung dienen.

Ort: Baskountschaklinie der Rjazan-Oural Bahn.

Auf der Rjazan-Oural Bahn liegen gegenwärtig 148127 salzgetränkte Schwellen, davon 94780 im Hauptgleise und 53347 in Nebengleisen.

Jahr des Schwellenlegens	Zahl der verlegten Schwellen	Anteil der am 1. Januar 1909 noch vorhandenen Schwellen
1889 und früher	3139	16 v. H.
1890	6120	44 „
1891	7538	60 „
1892	8763	59 „
1894	7870	91 „
1895	5848	98 „
1897	6806	100 „
1898	8538	100 „
1899	4155	100 „
1900	7563	100 „
1901	6963	100 „
1902	1589	100 „
1903	11219	100 „
1904	5767	100 „
1905	12305	100 „
1906	13466	100 „
1907	12570	100 „
1908	11519	100 „

Die Beobachtung jener Schwellen ergibt, dafs:

1. Die Salztränkung den Festigkeitswiderstand gegen mechanische Einflüsse erhöht, so dafs die Festigkeit gröfser wird als jene mit Chlorzink getränkter Schwellen.

2. Die Befürchtung, dafs das Salz schädlich auf die Hakennägel und die Schwellenschrauben wirken könne, hat sich nicht bestätigt.

3. Eine geringe Abnutzung des Schienenfufses, die an den Berührungsstellen mit der Schwelle eintritt, ist mehr auf die Einwirkung kleiner, verstreuter Salzmassen zurückzuführen, die bei der Versendung des Salzes durch die Bodenritzen der Bahnwagen auf das Gleis fallen.

Die Salztränkung kann also auf Eisenbahnlinien, in deren Nähe gröfsere Salzseen oder leichte Meerbusen liegen, eine wirkungsvolle Ausnutzung finden.

Die Salztränkung wurde bisher auf den genannten russischen Eisenbahnlinien so gehandhabt, dafs die Holzschwellen einfach in seichte Stellen der Salzseen oder Meerbusen eingelegt wurden, wo der Salzinhalt durch Wasserverdunstung stark konzentriert ist (von 13 bis 21 % B°).

Dabei müssen die Schwellen mindestens 1 bis $1\frac{1}{2}$ Jahre im Salzwasser liegen.

Es ist aber auch möglich, die Salztränkung in Tränkungsanstalten unter Vakuum und Druck nach dem üblichen »Brean« Volltränkungsverfahren durchzuführen.

Die technischen Vorschriften für eine derartige Salztränkung können folgendermafsen festgestellt werden:

1. Zur Tränkung werden nur ganz gesunde, saubergehobelte Schwellen zugelassen, deren Feuchtigkeitsgehalt nicht mehr als 20 v. H. beträgt.

2. Die Zeitdauer des Trocknens wird je nach den obwaltenden klimatischen Einflüssen festgesetzt.

3. Die Tränkung wird mit einer Salzwasserlösung von nicht weniger als 16,5 Beaumé durchgeführt, gleichgültig, ob jene Lösung aus dem dem Salzsee entnommenen Wasser entstammt oder aus trockenem in gewöhnlichem Wasser gelöstem Salze vorgerichtet wird. Das natürliche Salzwasser mufs ganz rein sein und darf keinen bemerkenswerten Zusatz von organischen Stoffen oder Schlamm haben. Vor der Tränkung wird die Lösung bis + 40 C°, besser bis + 70 C° erwärmt.

4. Die Tränkung selbst geschieht folgendermafsen:

a) Die Schwellen werden in den Tränkungskessel hineingeschoben. Dann wird eine Luftverdünnung von nicht weniger als 60 cm erzeugt und mindestens 15 Minuten gehalten.

b) Hierauf wird der Tränkungskessel mit der Salzlösung gefüllt. Während des Füllens fährt man fort, die Luft aus dem Kessel auszupumpen, um den Unterdruck so lang als möglich beizubehalten.

c) Nach der gänzlichen Füllung des Tränkungskessels prefst man die Lösung in die Schwellen unter Druck, der dabei bis auf 7 bis 8 kg/cm² gesteigert wird und nicht weniger als eine Stunde auf dieser Höhe gehalten wird.

d) Nachdem das Einpressen der Lösung in die Schwellen beendet ist, wird die Salzsole aus dem Kessel abgelassen; die Tränkung ist damit beendigt.

5. Die Schwellen müssen mindestens auf die ganze Dicke des Splintes getränkt werden. Die Normaltränkung mufs einem m³ Holz mindestens 260 kg Lösung oder entsprechend 43 kg Salz zuführen.

6. Um das Gewicht der von den Schwellen eingesaugten Salzlösung zu ermitteln, müssen mindestens 10 v. H. der Schwellen vor und nach der Tränkung gewogen werden.

Berichte.

Allgemeines.

Von den Japanischen Eisenbahnen.

Nach dem letzten Bericht betrug die Länge der Japanischen Staatsbahnen am 1. Juni 1926 insgesamt 12650 km, von denen 780 km in den letzten 23 Monaten neu hinzugekommen sind. Von dem Gesamtnetz sind 2150 km zweigleisig, 21 km dreigleisig und 84 km viergleisig ausgebaut. Die Einführung des elektrischen Betriebs ist nicht besonders weit fortgeschritten; aufser der etwa 30 km langen Ringbahn von Tokio sind nur 120 km in elektrischen Betrieb genommen worden, 21 weitere Kilometer sollen im laufenden Jahr noch fertiggestellt werden; daneben ist für dieses Jahr auch die Fertigstellung von 280 km dampfbetriebener Strecken vorgesehen. Für den Fährverkehr zwischen der Hauptinsel und Hakodate auf Jesso wurden vier Fährboote in Dienst gestellt, drei andere sind schon länger in Verwendung. Es werden jedoch nur Güterwagen übergesetzt.

Die Einnahmen betrugen insgesamt 949 Millionen ℳ, wovon 22,6 Millionen auf die Eisenbahn-Dampfschiffahrtslinien entfallen. Die Gesamteinnahmen sind um 22,4 Millionen ℳ höher als im vorhergehenden Jahr. Die Ausgaben entsprechen mit 903 Millionen ℳ denen des Vorjahres; es entfallen davon 523 Millionen auf den Betrieb, 291 Millionen auf Wiederherstellungsarbeiten und 89,5 Millionen auf Neubauten.

Aufser dem Staatsbahnnetz gibt es in Japan noch 330 Privatbahngesellschaften, die 4480 km Haupt- und Nebenbahnen und 2550 km Strafsenbahnen betreiben. Von den ersteren werden 3380 km elektrisch und 510 km mit Dampf- und elektrischer Kraft nebeneinander betrieben; von den letzteren 1700 km elektrisch, der Rest mit Dampf oder mit anderen Mitteln. Das Gesamtkapital der Privatbahnen betrug Ende März 1924 3243 Millionen ℳ, die vom Staat gewährten Zuschüsse im Rechnungsjahr 1925/26 betrugen 8 Millionen ℳ.

In Tokio wird z. Z. eine 1,6 km lange Untergrundbahn gebaut, die auf 22,5 km Gesamtlänge ausgedehnt werden soll.

Die Südmandschurische Bahn wurde zum erstenmal ein volles Jahr von Japan betrieben; die Ergebnisse sind daher noch nicht vergleichsfähig. Auf Formosa schliefslich betrug die Bahnlänge 1400 km, davon waren 900 km im Staatsbesitz, die restlichen 500 km Privatbahnen. R. D.

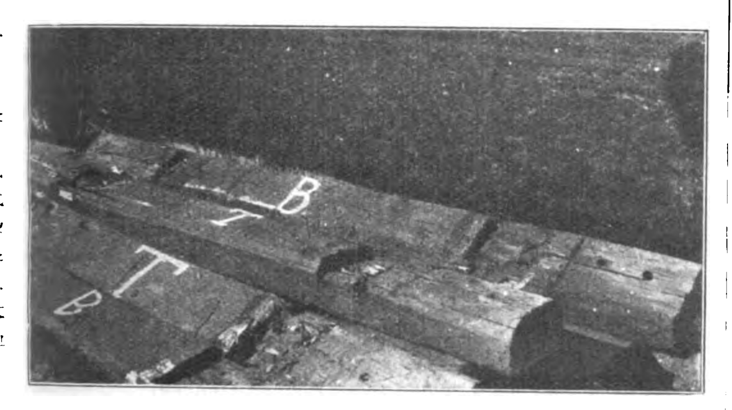
(The Railw. Eng. 1927, Januar.)



Bahnunterbau, Brücken und Tunnel; Bahnoberbau.

Erfahrung mit Teeröl- und Basilit-Schwellentränkung.

Die Niederländischen Staatsbahnen haben im April 1926 die Schwellen der Vergleichsstrecke, über die im Organ 1924, Seite 74 berichtet wurde, vollständig ausgebaut, um ein erschöpfendes Urteil über die Bewährung der basilitgetränkten Schwellen zu erhalten.



Mechanische Abnützung der Schwellen.

Es hat sich dabei gezeigt, dafs diese Schwellen im grofsen und ganzen sich doch bedeutend weniger gut erhalten hatten, als die mit Teeröl getränkten. Das Ergebnis der Prüfung war so, dafs von den ausgebauten Schwellen sich als unbrauchbar zeigten:

	Teerölschwellen	Basilitschwellen
Wegen Auftretens von Rissen . . .	149	210
„ mechanischen Verschleifses .	219	293
„ Fäulnis	30	90
aus sonstigen Gründen oder vor April 1926 ausgewechselt	20	107
	418	700
Wieder verwendbar	482	180
	900	880

Auffällig ist die starke mechanische Abnutzung beider Schwellenarten, die auf dem beistehenden Bilde deutlich sichtbar ist. (B mit Basilit, T mit Teeröl getränkte Schwellen.)

Ing. Maas-Geesteranus.

Eisenbahnschwellen aus Eisenbeton.

Der Ingenieur Gaudin hat eine neue Eisenbahnschwelle aus Eisenbeton hergestellt. Diese soll nicht mit den bekannten Fehlern der bisher versuchsweise eingebauten Schwellen aus diesem Material behaftet sein.

Die Schwelle hat die Form eines umgekehrten U mit verstärktem Fufs. Die Länge beträgt bei Vollspurbahnen 2,40 m, die Höhe 15 cm und die obere Breite 20 cm; an der Auflagerfläche hat sie eine Verbreitung von 10 cm. An den Enden und in der Mitte ist sie als Hohlschwelle, unter den Auflagerflächen der Schienen als Vollschwelle ausgebildet. Das Gewicht der Schwelle beträgt 160 kg. Sie kann von drei bis vier Mann getragen werden. Der Länge nach hat sie eine doppelte Armierung (sechs Rundeisen von 8 mm Durchmesser oben, sechs Rundeisen von 7 mm Durchmesser unten). Die Querarmierung ist durch 4 mm starke Bügel hergestellt. Die Längsarmierung wird unter den Auflagerflächen der Schienen durch vier in sich geschlossene Rundeisen und die Querarmierung durch in sich geschlossene Bügel verstärkt. Dadurch soll ein von Eisen umhüllter elastischer Betonkern geschaffen werden.

Im oberen Teil der Schwelle sind Ausdehnungsfugen durch Einbetonierung geteerter Papierstreifen gebildet, die über die Verstärkungseisen der Längsarmierung gehängt werden.

Dadurch sollen Rifsbildungen im Beton verhindert werden. Durch die rollende Last sollen sich die Fugen öffnen und infolge der Elastizität der Eiseneinlagen wieder schliefsen. Nach Meinung des Erfinders wird so die Zähigkeit des Materials erreicht, die man sonst der Eisenbetonschwelle abstreitet.

Abb. 1 zeigt den Längenschnitt durch die Schwelle ohne Armierung, Abb. 2 den Längenschnitt mit Armierung, Abb. 3 zeigt den Schnitt durch die Schienenachse und Abb. 4 den Schnitt durch die Gleisachse.

Die Befestigung der Schienen auf der Schwelle ist aus Abb. 1 zu ersehen.

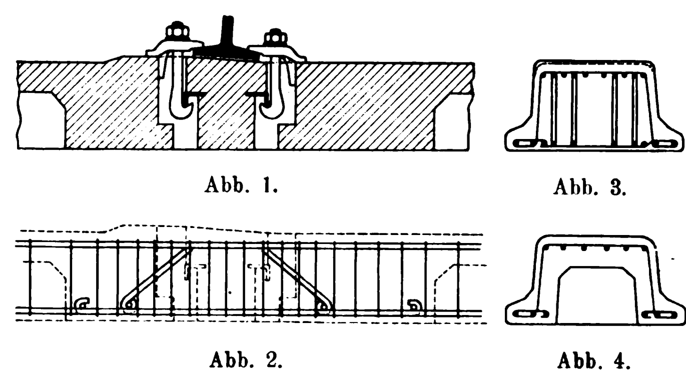


Abb. 1. Abb. 3.

Abb. 2. Abb. 4.

Die Schwelle wurde auf einer französischen Vollspurbahn mit einem zulässigen Achsdruck von 19 t seit Jahren beobachtet und soll sich gut bewährt haben.

Bulletin, Januar 27. Sch.

Vorrichtung zur Aufzeichnung des Streckenzustandes.

Die russischen Bahnen besitzen eine Vorrichtung von Dolgow ähnlich der von Rossignol-Hallade zur Aufnahme des Streckenzustandes. Sie soll schlechte Schienenstöfse, abgenützte Schienen, schwache Befestigungen, mangelhaft unterstopfte Schwellen, schlechte Höhenlage der Strecke und nicht gut liegende Weichen erkennen lassen. Zu diesem Zweck ist sie mit einem Überhöhungsmesser, einem Instrument zur Längenprofilaufnahme, einer Anzeigevorrichtung für senkrechte und wagrechte Stöfse und einem Spurweitenmesser versehen.

Die Vorrichtung ruht auf zwei Wagenradsätzen, die durch ein gabelartiges Gestell miteinander verbunden sind und befindet sich im Innern eines Wagenkastens, der die Bedienungsmannschaft aufnimmt, ohne jedoch mit ihm verbunden zu sein. Dadurch wird erreicht, dafs die Aufzeichnungen vom Wagen nicht beeinflufst werden.

Der Überhöhungsmesser besteht aus zwei Pendelgewichten von je 32 kg, die an einem dem Gleis parallelen Träger derart aufgehängt sind, dafs sie sich nur senkrecht zur Bewegungsrichtung des Zuges bewegen können. Infolge ihres Gewichtes nehmen sie eine lotrechte Stellung ein und behalten diese auch, wenn die Kurve langsam befahren wird, so dafs durch das Hebelwerk die Schrägstellung des Trägers, die der Gleisüberhöhung entspricht, aufgezeichnet werden kann. Wird allerdings in Kurven die Fahrtgeschwindigkeit nicht auf ein Mindestmafs herabgesetzt, so nehmen die Pendel infolge der Fliehkraft eine schräge Stellung ein, was zu einem falschen Bild über die Gleislage führen mufs.

Die Aufnahme des Längenprofils erfolgt mit einem ähnlichen Apparat; in diesem können die Pendel nur in Zugrichtung ausschlagen. Durch unruhigen Lauf scheinen hier die Aufzeichnungen ungünstig beeinflufst zu werden.

Die Vorrichtung zum Anzeigen der auftretenden lotrechten und wagrechten Stofskräfte ist mit dem Gestell durch einen senkrecht gestellten Rahmen, in dessen Mittelpunkt eine Masse durch je ein in senkrechter und wagrechter Richtung angeordnetes Federpaar in der Schwebe gehalten wird, starr verbunden. Beim Auftreten eines Stofses wird die Masse M im ersten Augenblick in Ruhe bleiben und es kommt die relative Bewegung zwischen Rahmen und Masse in einem Zeigerausschlag zum Ausdruck, der ein Mafs für die Gröfse der Stofskraft darstellt.

Der Spurweitenmesser besteht in der Hauptsache aus einer wagrechten, in der Mitte geteilten Stange, deren beide Teile durch eine kräftige Spiralfeder derart auseinander gedrückt werden, dafs sie sich mit den Enden, an denen Rollen angebracht sind, an den Schienenkopf anlegen. Bei Spurweitenänderung führen beide Teile eine Bewegung aus, die aufgezeichnet wird.

Die Geschwindigkeitsaufnahme beruht darin, dafs auf einen Papierstreifen, dessen Vorschub dem zurückgelegten Weg proportional ist, alle 20 Sekunden ein Zeichen aufgedrückt wird.

Aus der Beschreibung scheint hervorzugehen, dafs die Vorrichtung sich zur Aufnahme dynamischer Erscheinungen ebensowenig eignet wie die von Rossignol.

Buchbesprechungen.

„Oberbau und Gleisverbindungen" von Reichsbahnoberrat Dr. Ing. A. Blofs, Dresden, Verlag Jul. Springer, Berlin, 1927, 174 Seiten mit 245 Textabbildungen. Preis gebunden: 13,50 *M.*

In der derzeitigen Sturm- und Drangperiode des Oberbauwesens der Eisenbahnen kommt das Werk einem lebhaft empfundenen Bedürfnis entgegen und bietet dem Oberbaufachmann, der heute stark überlastet ist, einen wohltuenden Überblick über den bis heute erreichten Stand sowie die Aufgaben der Zukunft — ein Überblick, der bei den vielen Einzelheiten und den vielen Neuerungen, die nur verstreut in der Literatur usw. bekannt werden, verloren zu gehen droht.

Der verdienstvolle Verfasser sagt in seinem Vorwort, dafs zwar die Entwicklung noch nicht als abgeschlossen gelten kann, dafs sie aber doch heute genügend zu übersehen ist, um mit dem Werke einen vorläufigen Abschlufs zu wagen. Wir stimmen ihm hierin vollständig zu.

Das ganze Werk ist in zwei Teile gegliedert: Oberbau und Gleisverbindungen. Im ersten Teil behandelt der Verfasser den eigentlichen Oberbau (Schiene, Schwelle, Bettung usw.), seine Geschichte, die Beziehungen zwischen Schiene und Rad, die Berechnung des Eisenbahngleises einschliefslich der dynamischen Wirkungen der Verkehrslasten, die Messungsmethoden dieser, die Einzelteile eines Gleises, das Gleis als Ganzes sowie die Unterhaltungs- und Gleisbauarbeiten.

Der besondere Wert der Neuerscheinung liegt darin, dafs alle Neuerungen und Bestrebungen der Neuzeit Berücksichtigung fanden wie z. B. das Schweifsen der Schienenstöfse und Überbauteile, das Federn von Schienen auf den Schwellen, die Eisenbetonschwellen, die Gleiskrümmungen unter 100 m, die Schienenbefestigung auf Mauerwerk, die Ursachen der Riffelbildung, die Ergründung der dynamischen Wirkungen am Gleis, die Verwertung der Altstoffe durch Auffrischung, die neuesten Oberbauformen — dann die Verwendung von Maschinen beim Bau und bei der Unterhaltung von Gleisen, wie Gleislegekranen (Gleisverlegungsmaschine Hoch fand leider keine Erwähnung), Walzen der Bettung, Gleisstopfmaschinen und Unkrautbeseitigung mit Maschinen und Giftmitteln usw.

Im zweiten Abschnitt folgt eine Besprechung der Gleisverbindungen und zwar der Weichen und Kreuzungen mit ihren vielen neuzeitlichen Veränderungen, dann der Drehscheiben und Schiebebühnen.

Zum erstenmal begegnen wir in einem Werke über Oberbauwesen der Beschreibung der verkürzten Weichen von Dr. Ing. Bäseler und der Maschinenfabrik Vögele, Mannheim, die auf dem Gebiete des Weichenbaues eine führende Stellung sich gesichert hat. Zu erwähnen sind ferner die Entgleisungs- und die Auslaufweichen (letztere mit fester Zunge), die Entwicklung von Weichenstrafsen einschliefslich der mit Steilweichen, die neueren Konstruktionsgrundsätze für Weichen und Kreuzungen, die Federweichen, Bogen- und Federherzstücke, dann die geometrische Berechnung der Weichen und schliefslich die Besprechung der neuesten Drehscheiben und Schiebebühnenformen. Auch die Feuerleinsche Gelenkdrehbrücke, die eine Ausführung bisher noch nicht erfahren hat, findet Erwähnung.

Den Schlufs bildet eine Beschreibung und Würdigung der einzelnen neueren Gleisabschlüsse (Prellböcke) — vor allem der von Palitzsch und Rawie und ihrer Bremsleistungen.

Das kurzgefafste, mit wohltuender Ruhe und Klarheit und in guter Sprache geschriebene Werk füllt zweifellos bei dem heutigen Stande der Oberbaufragen eine empfindliche Lücke aus und wir sind dem Verfasser zu Dank verpflichtet, dafs er aus seinem reichen praktischen und theoretischen Wissen heraus sich dieser mühevollen und schwierigen Aufgabe unterzogen hat.

Es kann nicht erwartet werden, dafs in allen Fällen eine scharfe kritische Würdigung aller Neuerungen, von denen viele sich erst in Flufs befinden, gegeben wurde, so sehr dies auch von dem stark belasteten Praktiker als Erleichterung und feste Stütze empfunden würde.

Doch können eben in Oberbaufragen erst die Jahre volle Klarheit über Gut oder Böse, über Wirtschaftlichkeit oder Verschwendung bringen.

Das Werk von A. Blofs ergänzt in wertvoller Weise — vor allem auch nach der theoretischen Seite hin — die aus einer reichen praktischen Erfahrung geborenen „Grundlagen des Gleisbaues" des Altmeisters der Bahnunterhaltung Geh. Baurates Karl Bräuning (Berlin 1920, Verlag Wilh. Ernst & Sohn).

Beide Werke gehören nebeneinander auf den Arbeitstisch jedes Oberbaufachmannes.

Der Verlag hat in gewohnter Weise dem wertvollen Buche auch eine vornehme gediegene äufsere Ausstattung zuteil werden lassen.

Wöhrl.

Zuschrift an die Schriftleitung.

Halbselbsttätige, elektrisch gesteuerte Weichen einer Verschiebeanlage.

In Nr. 21 vom 15. 11. 1926 des „Organ für die Fortschritte des Eisenbahnwesens" ist auf Seite 429 eine Besprechung: „Halbselbsttätige. elektrisch gesteuerte Weichen einer Verschiebeanlage" enthalten.

Es wird darin der Anspruch des französischen Erbauers Descubes der selbsttätigen Ablaufanlage in Blainville erwähnt, der erste auf diesem Gebiete gewesen zu sein. Dieser Anspruch wird in einer Fufsnote des Artikels im Génie Civil, Bd. 89, Nr. 4 vom 24. 7. 26, Seite 69 ff. erhoben, auf die sich die Besprechung bezieht. Diese Fufsnote lautet wörtlich:

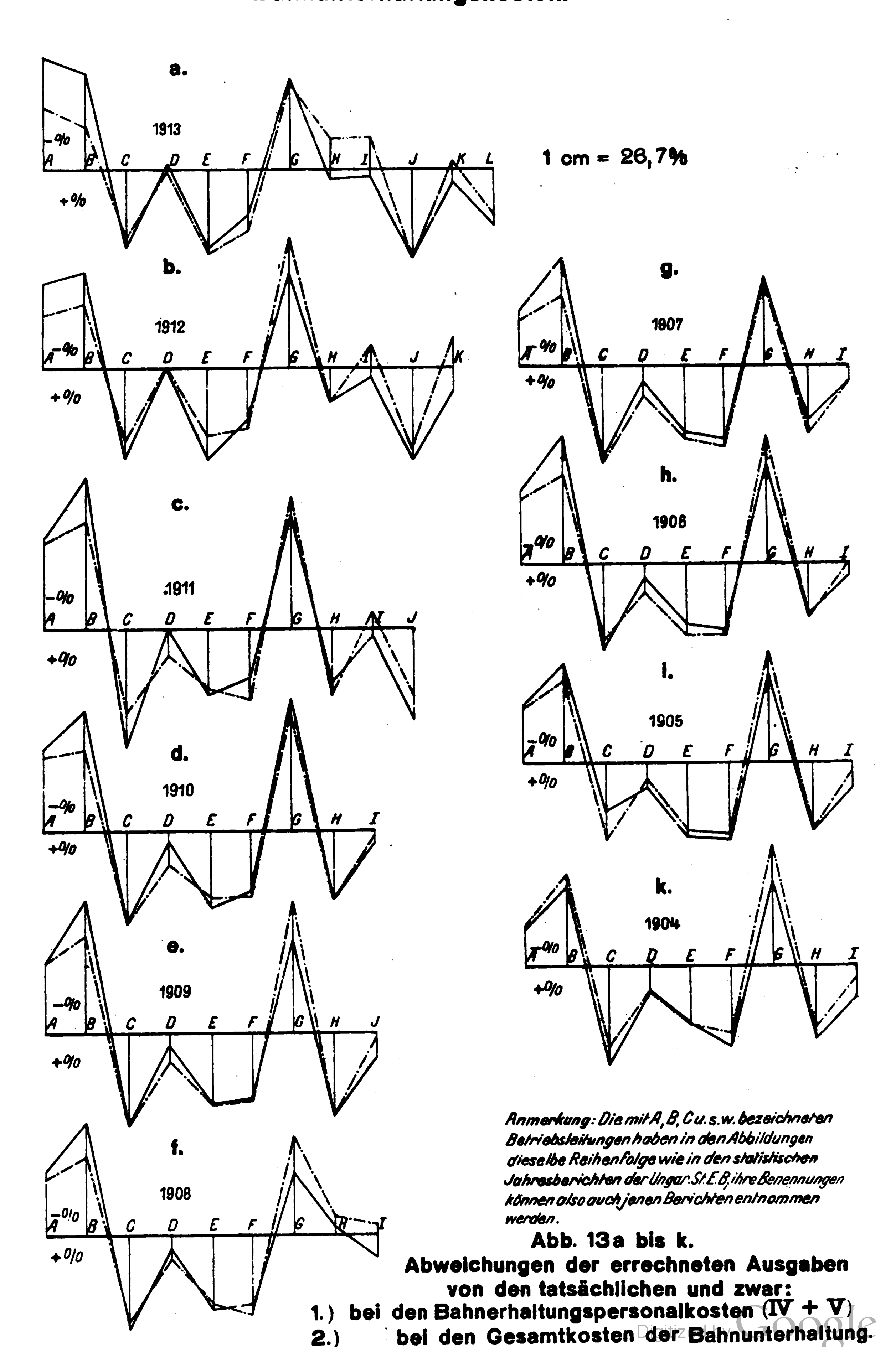
„Comme il a été expliqué dans le Génie Civil du 6 février 1926 (t. LXXXVIII, Nr. 6, p. 144) ce système, pour lequel une demande de brevet allemand était en instance au moment où la guerre fut déclarée, a été copié sans difficulté, en Allemagne, pendant et depuis la guerre, la gare de Lumes ayant été occupée par l'ennemi en août 1914, et son installation démontée, puis expédiée en Allemagne. Actuellement, la gare de Lumes a été rééquipée, et le système Descubes a été, en outre, installé aux gares de Blainville (réseau de l'Est) et de Metz-Sablons (réseau d'Alsace-Lorraine). Les contrefaçons allemandes n' empêchent pas que ce système a été créé et appliqué pour la première fois en France."

Demgegenüber stelle ich fest, dafs die erste bekannt gewordene Anordnung selbsttätiger Ablaufanlagen, bei denen die Wagen selbst der Reihe nach wie bei Descubes die erforderliche Weichenstellung vornehmen, von mir in dem Patent Siemens & Halske, Nr. 217311. Kl. 20, Gr. 11, vom 20. 10. 1908 angegeben wurde. Nach diesem Patent ist in Deutschland schon 1911 die Anlage in Kalk-Nord in Betrieb genommen worden. Die Durcharbeitung dieser Anlage stützte sich auf Vorschläge, die zwei Jahre früher (1909) von Siemens gemacht wurden. Die Anlage ist dann später (1915) nach Herne in Westfalen gebracht worden, wo sie sich in jeder Beziehung bewährt hat. Sie ist aber beim Ruhreinbruch 1923 durch die Franzosen zum Stillstand gekommen, indem während der Besetzung Teile aus der Anlage entfernt worden sind. Eine Wiederherstellung der Anlage ist veranlafst. Die erneute Inbetriebnahme war bisher nicht möglich, weil der Ablaufberg wegen darunter befindlicher Bergwerke einsank. Nach Wiederherstellung des Rückens steht der Wiederinbetriebnahme der Anlage nichts mehr im Wege.

Dr. Pfeil.

Für die Schriftleitung verantwortlich: Reichsbahnoberrat Dr. Ing. H. Uebelacker in Nürnberg. — C. W. Kreidel's Verlag in München.
Druck von Carl Ritter, G. m. b. H. in Wiesbaden.

Zum Aufsatz:
Die statistische Behandlung der Bahnunterhaltungskosten.



Anmerkung: Die mit A, B, C u.s.w. bezeichneten Betriebsleitungen haben in den Abbildungen dieselbe Reihenfolge wie in den statistischen Jahresberichten der Ungar. St. E. B. ihre Benennungen können also auch jenen Berichten entnommen werden.

Abb. 13a bis k.
Abweichungen der errechneten Ausgaben von den tatsächlichen und zwar:
1.) bei den Bahnerhaltungspersonalkosten (IV + V)
2.) bei den Gesamtkosten der Bahnunterhaltung.

C. W. Kreidel's Verlag, München.

1927
82. Jahrgang.

Heft 11
15. Juni

ORGAN
FÜR DIE
FORTSCHRITTE DES EISENBAHNWESENS

TECHNISCHES FACHBLATT
DES VEREINS DEUTSCHER
EISENBAHNVERWALTUNGEN



HERAUSGEGEBEN VON
DR. ING. H. UEBELACKER
C. W. KREIDEL'S VERLAG · MÜNCHEN

Inhalt:

Der Oberbau der grofsen Geschwindigkeiten und grofsen Achsdrücke: Das Gleis auf Federn und festen Stützen. Alfred Wirth. (Schlufs.) 193.
Ein Gleisbett aus Beton. Wernekke. 206.
Stemmlasche gegen das Wandern der Schienen. L. Lubimoff. 207. — Taf. 24.
Gleisbau auf gefrorenen Flüssen und Seen. L. Lubimoff. 207. — Taf. 24.
Vorläufige Bestimmungen für Holztragwerke. 209.
Erneuerung der Eisenbahnbrücke über den Ohio bei Steubenville. 209.
Schweifsen von Schienenstöfsen in Amerika. 210.
Oberflächenhärtung der Schienen durch Betriebseinflüsse. 210.
Selbsttätige Bremsvorrichtung von Miller für Lokomotiven. 211.

Besprechungen.

Eisenbahnbetriebsunfälle und ihre Verhütung. 211.
Die Sicherungseinrichtungen für den Zugverkehr auf den deutschen Bahnen. 211.

Verschiedenes. 212.

Organ für die Fortschritte des Eisenbahnwesens

Technisches Fachblatt des Vereins Deutscher Eisenbahn-Verwaltungen

Schriftleitung: **Dr. Ing. H. Uebelacker, Nürnberg**, unter Mitwirkung von **Dr. Ing. A. E. Bloss, Dresden.**

82. Jahrgang | 15. Juni 1927 | Heft 11

Der Oberbau der grofsen Geschwindigkeiten und grofsen Achsdrücke: Das Gleis auf Federn und festen Stützen.

Von Dr. techn. **Alfred Wirth**, Bundesbahndirektor in Wien.

(Schlufs.)

III. Die einzelnen Teile des Gleises.

Die einzelnen Teile der vorgeschlagenen Gleisbauart sind in den Abb. 10 bis 24, beispielsweise dargestellt. Ich erwähne ausdrücklich, dafs die Abbildungen, die durchweg eigene Entwürfe sind, hauptsächlich dazu dienen, eine Möglichkeit der Ausführung zu versinnbildlichen, ich bin mir hierbei vollkommen bewufst, dafs es auch andere geeignete Lösungen geben wird. Auf Einzelheiten wie Schrauben, Durchmesser von Stäben usw. gehe ich überhaupt nicht ein. Es kommt mir nur auf das Grundsätzliche an und darauf, zu beweisen, dafs eine Lösung in der angegebenen Art möglich ist.

A. Die Schiene und die Neigung der Schiene.

Die bisher übliche Schiene — es kommt nur die Breitfufs (Vignol-)Schiene in Betracht — wäre ungeändert beizubehalten. Die Schienenformen sind erprobt, kleine Änderungen in der Kopfform, im Steg usw. werden sie immer mitmachen, es ist dabei gleichgültig, ob die Schiene auf Schwellen oder auf Federn und festen Stützen ruht. Die Breite des Schienenfufses ist beim Oberbau auf Federn nicht mehr von dieser ausschlaggebenden Bedeutung wie beim Querschwellenoberbau, weil eine Fufsbreite von 12 cm vollkommen genügt, um die Federn unterzubringen und weil das Kippmoment der Schiene nicht wie beim Querschwellenoberbau durch Platten und Befestigungsmittel am Schienenfufs, sondern in anderer Weise aufgenommen wird.

Die von mir früher betonte Notwendigkeit einer überschweren Schiene, um eine ruhige Lage des Gleises in der Bettung zu gewährleisten, fällt hier in dieser Schärfe weg, aufserdem dürften hier die auf die Schiene einwirkenden Biegungsmomente geringer werden, weil die Stützensenkung eine gleichmäfsige wird und weil die Gefahr der Vergröfserung der Stützenabstände, die bei den Schwellen in der Bettung eine unvermeidliche Betriebserscheinung ist, nunmehr wegfällt.

Dennoch möchte ich auch hier für eine kräftige Schiene eintreten, weil eine schwere Schiene immer den Druck gleichmäfsiger auf die Stützen verteilt, bei aufsergewöhnlichen Ereignissen auch aufsergewöhnlichen Beanspruchungen gewachsen ist und weil die Mehrausgabe für eine schwere Schiene, wie bereits erwähnt, nicht so sehr ins Gewicht fällt. Auf den Schienenstofs komme ich später zurück.

Die Neigung der Schiene. Die Frage, ob die Schiene lotrecht oder nach innen geneigt mit einer Neigung 1 : 20 oder 1 : 40, auf der Unterlage aufruhen soll, wird von den Bahnverwaltungen verschieden beantwortet.

Im Gebiete des Vereins Deutscher Eisenbahnverwaltungen wird den Schienen eine Neigung gegeben. Der § 7 der Technischen Vereinbarungen lautet: »Es wird empfohlen, den Schienen eine Neigung nach innen von 1 : 20 zu geben«. Ein Zwang besteht somit nicht, doch haben die einzelnen Bahnverwaltungen in ihren Vorschriften die Neigung bindend vorgeschrieben.

In den Weichen werden die Schienen teils geneigt, teils lotrecht gelagert, in neuerer Zeit wird der Einfachheit der Konstruktion halber die lotrechte Schienenstellung bevorzugt. Schliefst daran eine Strecke mit geneigter Schienenstellung an, so ist der Übergang anschliefsend an den Weichenstofs vorzunehmen. Die österreichischen Weichen der Schienenform A (44,4 kg/m) mit federnden Weichenzungen haben lotrechte Stellung der Schienen. Der Übergang auf die Neigung der anschliefsenden Schiene bietet Gelegenheit zu beobachten, ob durch die geneigte oder durch die lotrechte Stellung der Schiene eine gröfsere oder sonst ungünstigere Schienenabnützung — die Räder der Fahrzeuge haben die Kegelform — auftritt, es ist jedoch ein Unterschied in der Abnützung nicht bemerkbar. Auch von Seiten der Bahnunterhaltungsbeamten sind Klagen über Nachteile der lotrechten Stellung der Schienen in den Weichen nicht geäufsert worden.

Ich trete bei dem von mir vorgeschlagenen Oberbau für die lotrechte Stellung der Schienen ein, zumal der Gefahr des Kantens der Schiene, eine Mitursache oder sogar Hauptursache der Schiefstellung, durch Festhaltung der Schiene mittelst einer geeigneten Querverbindung der beiden gegenüberliegenden Schienen begegnet werden.

Dennoch möchte ich hier auch andere Meinungen, das Abrollen der Räder auf lotrecht gestellten Schienen betreffend, zu Worte kommen lassen.

Im Organ für die Fortschritte des Eisenbahnwesens, Jahrgang 1925, Seite 343, ist eine der Revue générale des chemins de fer*) entnommene Mitteilung folgenden Inhalts enthalten:

„Die Eisenbahnschienen wurden in Frankreich bis zum Jahre 1908 allgemein mit einer Querneigung 1 : 20 entsprechend der Kegelform der Radauflaufflächen verlegt, bis in diesem Jahre nach dem Beispiel amerikanischer Bahnen Versuche mit der senkrechten Stellung der Schienen auf den Schwellen gemacht wurden. Die einzelnen Gesellschaften haben darum auf ihrem Netz Versuchsstrecken eingerichtet. Die im August 1921 eingestellten Untersuchungen an den im vollen Betriebe befahrenen Versuchsstrecken haben folgende Wahrnehmungen ergeben:

1. Die Schienen zeigen eine Verdrückung des Materials senkrecht zur Gleisachse, die an der Innenseite des Schienenkopfes einen Überhang bis zu 2 mm hervorruft.

2. An den Stöfsen zeigt sich ein Fliefsen des Schienenmaterials in der Fahrtrichtung.

3. In den Gleisbogen ist ein Kanten der Schienen nach aufsen festzustellen, wodurch je nach dem Zustand der Befestigungsmittel und der Schärfe der Kurve Spurerweiterungen bis zu 4,5 mm auftreten.

4. In den Gleisbogen von 500 m arbeitet sich der Schienenfufs an der Aufsenkante in den Schwellenschraubenschaft ein, die unterlegten Pappelholzplättchen zeigen an der Aufsenseite im allgemeinen nur noch 70% ihrer ursprünglichen Dicke, was als weiterer Beweis für das Kanten nach aufsen anzusehen ist.

5. Die Schienen fahren sich genau nach der Kegelform der Räder ab.

Nach Überprüfung dieses Ergebnisses wurde beschlossen, die lotrechte Stellung der Schienen nur dort weiterzubehalten, wo sie die Konstruktion des Oberbaues erleichtert, auf der freien Strecke wieder zur Neigung 1 : 20 zurückzukehren. Um weitere Erfahrungen

*) Revue générale des chemins de fer, 1925, Heft 1.



zu sammeln, wurden auf den einzelnen Netzen Probestrecken in ganz geringer Länge beibehalten."

Dagegen tritt Braun*) in einem Aufsatz »Schiene und Radreifen« für die lotrechte Stellung der Schienen, allerdings aber auch für die zylindrisch gedrehten Radreifen, wie dies in Amerika üblich ist, ein.

Sollte die Neigung der Schiene mit Rücksicht auf die in Europa übliche Kegelform der Räder, tatsächlich einem besseren Ablaufen der Räder auf den Schienen nützlich sein, so kann die Neigung durch eine entsprechende Ausgestaltung der Schienenauflagerung erreicht werden.

B. Die Schraubenfeder und die Federschutzhülse.

Die im vorhergehenden Abschnitte enthaltenen Ausführungen über den Grad der gewünschten Elastizität des Gleises und über die Berechnung einer Feder haben gezeigt, dafs Federn möglich sind, die den zu stellenden Anforderungen entsprechen.

Um die Beanspruchung der Feder möglichst klein zu erhalten und den Druck zwischen Feder und Schiene und zwischen Feder und Unterlagsplatte zu verringern, spreche ich mich, wie bereits angedeutet, für die Verwendung zweier entsprechend leichterer Federn für jede Stütze (Doppelfedern) aus, wenngleich zwei Federn teuerer sind als eine einzige derselben Wirkung. Die Doppelfeder hat noch den Vorteil, dafs bei Bruch einer Feder die andere noch wirksam bleiben kann, zumal bei einer stärkeren Durchbiegung einer überbeanspruchten Feder infolge der Steifigkeit der Schiene sofort die Federn der Nachbarstützen die Last mittragen helfen.

Ich habe zwei Schraubenfedern ausführen lassen, sie haben die vorher angegebenen Mafse: Aufsendurchmesser 90 mm, Innendurchmesser 30 mm und Drahtstärke 30 mm. Die freie Höhe der einen Feder ist 112, die der anderen 110, beide Federn wiegen zusammen 5,8 kg. Die Federn sind aus Siliziumfederstahl Marke »Böhler 2 Si« ölgehärtet, hergestellt.

Die beiden Federn wurden im Werke Kapfenberg in meiner Gegenwart einer Erprobung auf Durchbiegung unterzogen, die folgendes Ergebnis hatte:

1. Feder		2. Feder	
Belastung kg	Höhe mm	Belastung kg	Höhe mm
0	112,0	0	110,0
1000	111,5	1000	109,5
2000	111,0	2000	109,0
3000	110,5	3000	108,5
4000	110,0	4000	108,0
5000	**109,5**	**5000**	**107,5**
6000	109,0	6000	107,0
7000	108,5	7000	106,5
8000	108,0	8000	106,0
9000	107,5	9000	105,5
10000	107,0	10000	105,0
11000	106,5	11000	104,5
12000	106,0	12000	104,0

Die Feder wurde nach jedem Druckversuch immer wieder vollständig entlastet, so dafs der Druck von 12 t nicht durch allmähliche Gewichtserhöhung entstand, sondern unmittelbar zur Wirkung gelangte.

Die Druckversuche wären fortgesetzt worden, wenn der Betriebsdruck (es war gegen Arbeitsschlufs) dafür ausgereicht hätte; nach Aussage des die Versuche leitenden Ingenieurs wäre auch bei 15 t die Senkung der Feder noch genau im Verhältnis zur Kraft gewesen.

Da die Inanspruchnahme einer Feder bei einem Achsdruck von 25 t selbst bei Berücksichtigung der zu erwartenden dynamischen Einwirkung nicht über $\frac{10}{2}$ t (Doppelfeder) hinausgehen wird, für welchen Druck die Einsenkung mit 2,5 mm gemessen wurde, so ist bei einer solchen Feder eine wesentliche Unterbeanspruchung vorhanden, die auf die Haltbarkeit der Feder günstig einwirken wird. Der unbedeutende Unterschied in der Durchbiegung der errechneten Feder von 0,572 mm für 1000 kg Last, gegenüber der ausgeführten Feder von 0,500 mm, erklärt sich aus der Annahme eines etwas zu kleinen Gleitmoduls, d. i. jener Ziffer, die in der Formel für die Durchbiegung das Federmaterial zum Ausdruck bringt: das gewählte Federmaterial hat sich noch um etwas härter erwiesen als dies in der Rechnung angenommen war. Die zu erwartende gröfste Senkung (Durchbiegung) der Feder im Betriebe im Ausmafse von 2,5 mm ist, wie ich bereits erwähnte, etwas zu gering, die Feder ist etwas zu hart. Um eine nachgiebigere, weichere Feder bei gleichem Material, gleicher Anzahl der Windungen, gleicher Höhe und gleicher Drahtstärke zu erhalten, braucht man nur den mittleren Halbmesser der Feder, der bei der vorliegenden $\frac{30}{2} + \frac{30}{2}$ mm $=$ 30 mm beträgt, etwas zu vergröfsern, also die Feder bei der Herstellung um einen stärkeren Dorn zu wickeln.

Die gröfsten Feinde der Federn sind der Rost und grofse Kälte; werden diese durch entsprechende Ölung der Federn, gute Abdeckung usw. möglichst fern gehalten, so ist die Dauer der Wirksamkeit der Federn in Anbetracht der Unterbeanspruchung nahezu unbegrenzt. Erfahrungen über das voraussichtliche Verhalten der Schraubenfedern im vorgeschlagenen Oberbau liegen nicht vor, doch werden Schraubenfedern im Automobilverkehr und im Eisenbahnverkehr bei den Fahrzeugen seit Jahren mit Erfolg verwendet und sind dort nicht nur den stärksten Erschütterungen, sondern auch der Nässe und Kälte im weitgehendsten Mafse ausgesetzt.

Die von dem Stahlwerke angegebenen Verschiedenheiten in den freien Federhöhen von 3 mm als Folge der Massenerzeugung, sind keineswegs störend, auch dann nicht, wenn in Wirklichkeit Verschiedenheiten bis zu 5 mm vorkommen würden. Man wird beim Verlegen der Federn aus der Menge der gelieferten Federn solche mit gleicher Höhe aussuchen, die gleich hohen auf ein längeres Stück verlegen, daran anschliefsend ein Gleisstück mit Federn die z. B. um 1 mm höher sind, ausstatten, anschliefsend wieder ein Gleisstück mit etwas höheren aber untereinander gleichen Federn, so dafs alle Federn verwendet werden können, ohne dafs die Stetigkeit des Gleises darunter leidet, oder an der Höhe der Schienenstützen etwas geändert werden mufs. Sind kleine (unvermeidliche) Unregelmäfsigkeiten in der Höhenlage der Schienenstützen vorhanden, so können sie durch richtige Anwendung entsprechend hoher Federn ausgeglichen werden.

Die Lagerung der Schraubenfedern, sowie die Federn selbst sind in Abb. 10, 11, 12 und 13 ersichtlich. Die Federn liegen auf einer Unterlagsplatte, die ich im nächsten Abschnitt eingehend beschreibe, die Schiene kann unmittelbar auf den Federn aufliegen, sie kann aber auch — ich halte dies für das zweckmäfsigere — auf einer hülsenartig gebogenen Platte (Federschutzhülse) liegen, die über die Federn gelegt wird, so dafs die Federn bedeckt und von den kleinen Längen- und Querbewegungen der Schiene unberührt sind.

Die Federschutzhülse. In den Abb. 10, 11, 12 und 13 habe ich auch eine Federschutzhülse (mit F bezeichnet) dargestellt. Es ist dies eine hülsenartig gebogene Platte, deren mittlerer wagrecht liegender Teil, der innerhalb der Seitenwände der Unterlagsplatte zu liegen kommt, etwas breiter als die zu schützende Feder, aber schmäler als der Abstand a der Seitenwände gewählt wird und deren aufserhalb der Unterlagsplatte

*) Glasers Annalen 1916, Bd. 2.

liegenden Teile (Flügel) an dem aus dem Unterlagsquader hervorragenden Plattenrand beiderseits rechtwinklig nach abwärts gebogen werden. Diese beiden Seitenflügel können entweder etwas breiter als der Abstand a der Seitenwände sein, so dafs sich die Hülse gegen den Rand der Unterlagsplatte stützt und dadurch nicht verschoben werden kann oder als zweite Ausführungsform, etwas schmäler als a sein, in welchem Falle durch ein Einschieben je eines lotrecht gestellten Bleches zwischen den abwärts gebogenen Seitenflügeln und dem Unterlagsplattenrand, die Schutzhülse gegen Längsverschiebungen gesichert wird. In beiden Fällen wird durch die Hülse der Raum zwischen den Unterlagsplattenwänden schachtelartig abgeschlossen, die Seitenteile der Hülse dürfen jedoch nicht bis zum Boden reichen, damit die Hülse die Durchbiegungen der Feder ungehindert mitmachen kann. Zweckmäfsig wird man auch den mittleren Teil der Schutzhülse an den beiden Längsseiten nach abwärts biegen, damit sich die Feder auch nicht seitlich verschieben kann.

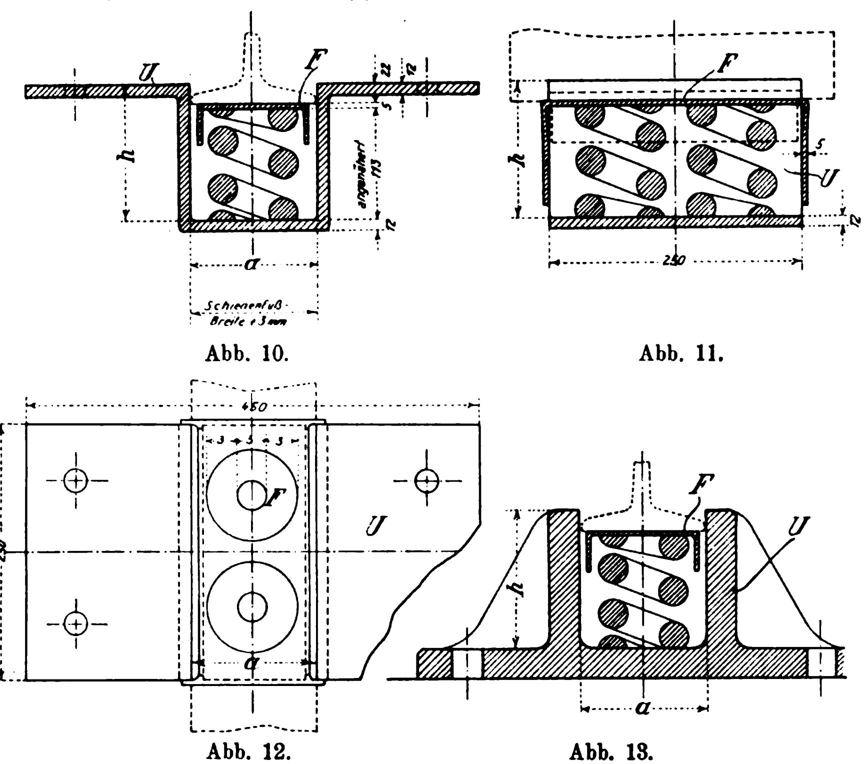


Abb. 10. Abb. 11.

Abb. 12. Abb. 13.

Eine weitere Ausführungsart der Federschutzhülse könnte darin bestehen, der Hülse etwa die Form einer Geschofshülse zu geben, die über die Feder gesteckt wird. Verwendet man eine obere und eine untere Hülse, die obere mit einem etwas gröfseren Durchmesser als die untere, so dafs sie sich über die untere hinwegbewegen kann, so wäre die Feder vollständig in eine Kapsel eingeschlossen. Dies würde die Erhaltung der Ölung der Feder und die Freihaltung von Rost und grofser Kälte wohl sehr erleichtern, aber sehr grofse Kosten verursachen und überdies noch besondere Vorkehrungen zur Verhinderung des Verschiebens der Federkapsel erforderlich machen. Ich gehe daher bei meinen Darstellungen auf diese Form der Schutzhülse nicht weiter ein.

Die Schutzhülse hat nicht nur die Aufgabe, die Auflagerung zwischen Schienenunterkante und Federn zu verbessern und die Federn vor Verschiebungen und Verdrehungen zu schützen, sie hat auch die Aufgabe von den Federn Wasser, Eis, Schnee und Staub fernzuhalten. Sollte die heute vielfach übliche Neigung der Schiene durchaus beibehalten werden müssen — ich habe mich an anderer Stelle entschieden dagegen ausgesprochen — so könnte dies durch Abschrägung der Aufsenseite des zwischen Feder und Schienenfufs liegenden Teiles der Schutzhülse erreicht werden. Die Schraubenfedern können im Betriebe ausgewechselt werden, ohne dafs die Schienen abgenommen werden müssen. Zu diesem Zwecke ist der im nächsten Abschnitt besprochene Unterlagsquader im Falle der Verwendung einer U-förmigen Unterlagsplatte, parallel zur Schienenachse ausgeschlitzt und die Untermauerung der Stützenmauer nur bis zur Höhe der Sohle der Unterlagsplatte ausgeführt. Hebt man die unbelastete Schiene mittelst einer einfachen Hebevorrichtung z. B. einer Stange um wenige Millimeter und biegt die Ränder eines Seitenflügels der Schutzhülse auf bzw. entfernt man das zwischen Seitenflügel und Unterlagsplattenrand eingeschobene Blech, so kann die Schutzhülse samt den Federn herausgenommen werden.

C. Die Schienenstütze (Stützenmauer).

Die Schienenstütze, die ich in Vorschlag bringe, besteht aus Unterlagsplatte, Unterlagsquader und Untermauerung.

Verbindet man die Stützen einer Schiene untereinander, so ergibt sich die Form einer Längswand (Längsmauer), die unter der Schienenachse parallel zur Schiene verläuft; die beiden Schienen des Gleises ruhen dann auf zwei Längsmauern, die im Erdreich eingebettet, von einander unabhängig, aber auch untereinander verbunden sein können. Würden die beiden Längsmauern durch Ausmauerung des Zwischenraumes miteinander verbunden werden, so hätten wir einen einheitlichen Mauerkörper vor uns. Auf eisernen Brücken ohne durchgehende Bettung treten an die Stelle der Unterlagsquader und Untermauerung die Quer- und Längsträger, an welchen die Unterlagsplatten in geeigneter Weise befestigt werden können.

1. *Die Unterlagsplatte.*

Die Unterlagsplatte hat die Aufgabe, der Feder ein entsprechendes Lager zu bieten und den Schienenfufs so festzuhalten, dafs die Schiene seitlich nicht ausweichen, jedoch die lotrechten und die aus der Wärmeänderung entstehenden Längsbewegungen durchführen kann. Dies wird erreicht, wenn man die parallelen Seitenwände der Unterlagsplatte in einem Abstand (a) herstellt, der gleich der Schienenfufsbreite vermehrt um etwa 2 bis 3 mm ist. Mit Verschiedenheiten der Fufsbreiten von 1 mm von der vorgeschriebenen Schienenform ist aus walztechnischen Gründen zu rechnen. Wenn nun eine Schiene in die genau ausgerichteten Unterlagsplatten eingelegt wird, so wird sie sich je nach ihrer Abweichung von der mathematisch genauen Mittellinie auf die eine oder die andere Seitenwand der Unterlagsplatte stützen, so dafs immer noch an der anderen Seitenwand ein kleiner Abstand von etwa 1 bis 2 mm verbleibt, der grofs genug ist, um die lotrechten und Längsbewegungen zu ermöglichen und klein genug ist, um seitliche Schwankungen praktisch unfühlbar zu machen. Die Höhe (h) der Seitenwände der Unterlagsplatten richtet sich nach der Höhe der Feder vermehrt um die Höhe etwa notwendiger Einlagen, die unterhalb oder oberhalb der Feder angeordnet werden, und um jenes Mafs, das notwendig ist, um ein Erheben des Schienenfufses über die Seitenwände der Unterlagsplatte im Betriebe zu verhindern.

Der Schienenfufs wird sich an den Seitenflächen der Unterlagsplatten reiben, es ist dies die einzige Stelle dieses Oberbaues, an der bewegte und feste Teile in unmittelbare Berührung kommen. Es wird Sache der Erwägung und der Erfahrung sein, allenfalls den Abstand der Seitenwände der Unterlagsplatte noch mehr zu erweitern, um auf beiden Seiten

Stahlblecheinlagen anzubringen, die der Abnützung unterworfen und die auswechselbar sind. Es ist nicht schwer, diese Blecheinlagen an der Unterlagsplatte durch Umbiegen oder durch Ansätze gegen Verschiebung zu sichern. Die Blecheinlagen sind in verschiedener Stärke herstellbar, sie können dadurch auch zum Ausgleich zu grofser oder zu kleiner Spielräume zwischen Schienenfufs und Unterlagsplatte mit Vorteil verwendet werden. Ich glaube aber, dafs Blecheinlagen erst im Betriebe nach jahrelanger Verwendung des Gleises eine gewisse Rolle spielen werden.

Eine Form der Unterlagsplatte (U), die den vorgenannten Bedingungen entspricht, habe ich in den Abb. 10, 11 und 12 entworfen. Es ist dies eine rechtwinklig abgebogene Platte, die in den Unterlagsquader eingebettet wird, so dafs sich der Quader der Platte vollkommen anschmiegt. Diese Unterlagsplatte ist gewifs denkbar einfach und hüttentechnisch leicht herstellbar. Die Unterlagsplatte wird mittelst Steinschrauben am Unterlagsquader festgehalten, die Anbringung der Schrauben erfolgt gleichzeitig mit der Quaderherstellung, so dafs anstatt Schrauben auch andere Befestigungsmittel verwendet werden könnten. Möglicherweise wird zum Schutze des Unterlagsquaders noch die Einbringung einer weichen Unterlage z. B. Filz

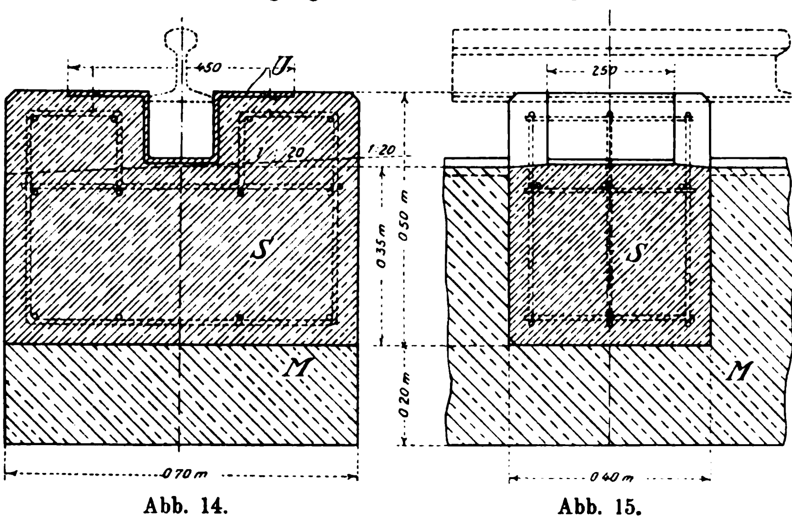


Abb. 14. Abb. 15.

zwischen Unterlagsplatte und Quader notwendig sein. Unterlagsplatte und Quader sind seitlich offen, damit sich innerhalb der Unterlagsplatte kein Wasser ansammeln kann und die Federn samt Schutzhülse ohne Abnehmen der Schiene seitlich herausgenommen werden können.

Eine andere Form der Unterlagsplatte (U) habe ich in Abb. 13 dargestellt. Es ist dies eine Art Schienenstuhl, mit ebener Grundfläche auf den ebenen Unterlagsquader aufgesetzt. Er hat zweifellos den Vorteil der einfacheren Quaderform, aber den Nachteil des leichteren Loslösens des Stuhles vom Quader, mit dem er nur durch die Steinschrauben verbunden ist, auch ist ein Schienenstuhl, der aus Gufseisen hergestellt würde, kostspieliger und zu Brüchen geneigter als eine gewalzte Platte. Ich spreche mich daher für die erstgenannte in allen Abbildungen beibehaltene Platte aus. Der stuhlartigen Unterlagsplatte dürfte aber auf eisernen Brücken eine gewisse Bedeutung zukommen.

An der Unterlagsplatte Ansätze und dergl. zur Verhinderung einer Verschiebung oder Verdrehung der Schraubenfedern anzuordnen, halte ich nicht für notwendig, weil durch die bereits erwähnte Verwendung von Schutzhülsen, die auf den Federn aufruhen und die sich gegen die Unterlagsplatte stützen, die Schraubenfedern von den Bewegungen der Schienen unberührt bleiben.

Die Längsbewegungen der Schienen sind sehr gering, sie sind in der Schienenmitte infolge der Verankerung der Schiene nahezu null, in ihrem gröfsten Wert am Schienende für 20 m lange Schienen bei einem Wärmewechsel von -30^0 bis $+50^0$ C, $80 \times 0{,}0118 \times 10 = 9$ mm. Ich glaube überdies annehmen zu können, dafs die Längenänderungen der Schiene infolge der Wärmedehnung, nicht im Augenblicke der Belastung sondern im Augenblicke der Entlastung der Schiene vor sich gehen werden (Entspannung), so dafs die Schiene auf der Schutzhülse unbelastet gleitet.

2. Der Unterlagsquader.

Der Unterlagsquader dient zur Aufnahme der Unterlagsplatte und zur Aufnahme und Übertragung des Druckes der Verkehrslasten auf die Untermauerung, in die er fest eingefügt ist. Die Unterlagsplatte ist in dem Quader eingemauert und auch mittelst Steinschrauben an ihm befestigt.

Die Abb. 14 und 15 zeigen einen (mit S bezeichneten) Unterlagsquader mit Ausmafsen, die wohl entsprechen dürften. Eine Armierung des Quaders mit Drähten von etwa 5 mm Stärke halte ich für notwendig, damit er den trotz der Federung auftretenden Erschütterungen sowie den Querkräften standhalten kann. Eine Möglichkeit der Armierung habe ich angedeutet, ohne in Einzelheiten einzugehen.

Der Grund, warum ich eigene Unterlagsquader vorschlage, liegt darin, dafs die Herstellung jenes Teiles der Stützenmauer, der die Unterlagsplatte aufzunehmen hat, eine besondere Sorgsamkeit erfordert und auch besonders gutes Material notwendig macht, was am besten durch Herstellung abseits des Bahnkörpers in dafür geeigneten Arbeitsstätten erfolgt. Überdies kann dadurch die Herstellung der Quader unabhängig vom Zeitpunkte des Gleisbaues vor sich gehen.

Die Schwierigkeiten, denen die Herstellung des Quaders samt Platte begegnet, erscheinen nur im ersten Augenblick grofs. Es hat gegenwärtig wohl jedes gröfsere Bahnnetz eigene Anstalten zur Erzeugung von Zementwaren für Einfriedungen, Drahtzugskanäle, Betonrohre usw., wo einige Arbeiter — gelernte und nichtgelernte — durch jahrelange Übung mit grofsem Geschick unter Verwendung geeigneter Drähte, sehr gut haltbare und gar nicht einfache armierte Platten, Säulen und selbst Rohre herstellen. In derartigen Werkstätten, die für den Umbau einer Strecke an geeigneten Stellen errichtet werden können, stelle ich mir die Herstellung der Quader samt Armierung und Befestigung der Unterlagsplatten vor. Das Gewicht eines Quaders im Ausmafse von $0{,}7 \times 0{,}5 \times 0{,}4$ m samt Platte beträgt etwa 310 kg. Es werden also geeignete einfache Hebevorrichtungen für die Arbeitsstätte wie für die Versetzung an der Bahnstelle notwendig sein.

Der Druck der Unterlagsplatte auf den Betonquader beträgt bei einer Unterlagsplattenfläche von $0{,}45 \times 0{,}25$ m und einem Stützendruck von 10 t etwa 9 kg/cm², was wesentlich unter der zulässigen Betonbeanspruchung bleibt.

3. Die Untermauerung.

Die durchgehende Untermauerung samt Zwischenmauerung (in den Abbildungen mit M bezeichnet) dient zur Festhaltung des Unterlagsquaders, weiter zur Übertragung des Druckes auf den Untergrund und schliefslich zur Aufnahme jener Vorrichtungen, die eine Verankerung der Schienen ermöglichen.

Der Unterlagsquader ruht auf der Untermauerung und wird von ihr in der Längsrichtung des Gleises beiderseits eingefafst. Die obere Umgrenzungslinie der Untermauerung bzw. Zwischenmauerung reicht bei Verwendung U-förmiger Unterlagsplatten nur bis zur Sohle des Schlitzes der Quader, um die Federn ohne Abhebung der Schiene auswechseln zu können und die Entwässerung zu erleichtern. Aus letzterem Grunde ist auch die Oberfläche der Mauer nach aufsen abgeschrägt.



Die Mauerhöhe wird sich wohl nach dem Untergrund richten müssen. Im allgemeinen wird eine Mauer bis zur Tiefe von 20 cm unter Quaderunterkante genügen, sie wird aber auch kaum weniger tief reichen dürfen, weil die Unterfläche der Mauer aus dem Frostbereich gebracht werden mufs. Die Unterfläche der Stützenmauer käme im vorliegenden Beispiel Abb. 14, 15 und 16, 0,55 m unter das seitlich aufgefüllte Erdreich zu liegen.

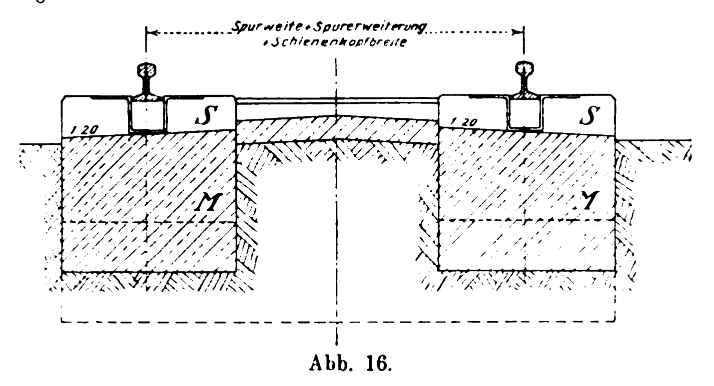


Abb. 16.

Die Beanspruchung des Untergrundes durch die dargestellte Stützenmauer und durch die Verkehrslast läfst sich etwa wie folgt ermitteln: Bei einer Mauertiefe von 0,50 m unter der Sohle der Unterlagsplatte ist der von der belasteten Unterlagsplatte ausgehende Druck auf die Unterfläche der Mauer wohl als gleichmäfsig verteilt zu betrachten. Man kann daher mit der von den Verkehrslasten ausgeübten gleichmäfsigen Belastung rechnen. Diese ist z. B. für den Lastenzug N der Deutschen Reichsbahn in den Vorschriften für Eisenbauwerke mit $p = 13{,}67$ t/m angegeben, für ein Gleis und eine Mauer somit 6,84 t/m grofs. Diese Belastung ist noch um die Stofsziffer zu vermehren, dies gibt $6{,}84 \times 1{,}5 = 10{,}3$ t/m. Das Eigengewicht der Mauer beträgt ungefähr 1 t/m. Der Druck, den die Mauerunterlagsfläche auf den Untergrund ausübt, ist bei der Mauerfläche von $100 \times 70 \text{ cm} = 7000 \text{ cm}^2$, $\frac{11300}{7000} = 1{,}6 \text{ kg/cm}^2$.

Da die zulässige Belastung des natürlichen Baugrundes bei Lehm oder bei mit Sand untermischtem Tonboden 2 bis 3 kg/cm², bei gewöhnlichem festen Baugrund 4 bis 5 kg/cm² beträgt, ist die zulässige Inanspruchnahme des Untergrundes noch unterschritten. Auch bei alten Dämmen, die dem Verkehrsdruck bereits ausgesetzt waren, kann das zusammengeprefste Material mit über 2 kg/cm² belastet werden. Auf neu geschütteten, sich noch setzenden Dämmen empfiehlt es sich überhaupt nicht, eine Mauer aufzuführen, worauf ich noch später zurückkommen will.

Zur Verankerung der Schienenmitte sind in der Stützenmauer Eiseneinbauten erforderlich, die ich bei der Darstellung der betreffenden Teile des Gleises bespreche.

Ob die Einlage von Eisenstäben oder Kleinschienen zur Verstärkung der Stützenmauer selbst notwendig ist, um diese bei Setzungen des Untergrundes oder bei Unterwaschungen der Mauer für Zugspannungen aufnahmefähig zu machen, wird vielfach von örtlichen Umständen abhängen und Sache der Erfahrung sein. Ich glaube aber nicht, dafs im gewachsenen Boden oder im alt angeschütteten Erdreich Eiseneinlagen in der Mauer notwendig sind. Die Stützenmauer, die ich in Vorschlag bringe, ist nicht freistehend, sie ist beiderseits von der Sohle bis zur Höhe des Angriffspunktes der äufseren Kräfte von einem harten, steinigen Erdkörper mauerartig umgeben, so dafs ein Ausweichen der Mauer nicht eintreten und ein allfälliger Bruch der Stützenmauer nicht durch ein Auseinanderfallen der Mauer, sondern nur durch das Lockern einzelner Mauerteile in Erscheinung treten kann.

Jedenfalls ist es wichtig beim Bau der beiden Stützenmauern, die im regelspurigen Gleis bei einer Mauerstärke von 70 cm nur einen Raum von etwa 80 cm Breite zwischen den Mauern belassen, diesen Zwischenraum mit gutem Material aufzufüllen und festzustampfen, einen entsprechenden festen Erdkörper auch an den Aufsenseiten der Mauer anzubringen und auf die dauernde Erhaltung dieser Auffüllung zu achten. An den Stellen der Schienenverankerung wird man den Zwischenraum von 80 cm Breite überhaupt ausmauern, so dafs in der Schienenmitte ein einheitlicher schwerer Mauerkörper entsteht.

D. Die Schienenverankerung.

Die Verankerung der Schiene hat die grofsen Längskräfte, die von den Verkehrslasten herrühren, aufzunehmen.

Von den Längskräften des Betriebes kommen im wesentlichen

1. die rollende Reibung der Laufräder,
2. die gleitende Reibung der gebremsten Räder,
3. der Druck der Räder gegen die Aufsenschiene des Bogens,
4. die Stöfse der Räder beim Überfahren der Stofslücken, die alle in der Fahrtrichtung wirken, und
5. die von der Maschine ausgeübte Zugkraft, die entgegen der Fahrtrichtung wirkt,

in Betracht.

Am einflufsreichsten sind von diesen Kräften und fast ausschliefslich mafsgebend die unter 2) und 5) genannten, die nicht gleichzeitig auftreten, sich also auch nicht aufheben können. Ist die Verankerung der Schiene so kräftig, dafs sie der gröfseren der beiden Kräfte standhält, so wird sie auch allen anderen widerstehen.

Über das angenäherte Ausmafs der durch die gleitende Reibung der gebremsten Räder hervorgerufenen Längskräfte mag folgende Überlegung Aufschlufs geben:

Der Lastenzug N der Deutschen Reichsbahn belastet laut Brückenverordnung das Gleis mit einem mittleren Druck von 13,67 t/m. Nehmen wir an, dafs ein Schienenstück von 20 m Länge mit diesem Einheitsdruck belastet wäre, was nur möglich ist, wenn zwei so schwere Tenderlokomotiven, wie sie die Brückenverordnung vorsieht, das Gleis belasten, so hätte das Gleis 273,4 t zu tragen, eine Schiene somit 136,7 t. Nehmen wir weiter an, dafs alle Räder der Lokomotiven — es fallen elf Räder zu je 25 t auf das Schienenstück — gleichzeitig gebremst würden, so würde die Längskraft $L = 136{,}7 \times f$ sein, wenn f die Reibungsziffer für gleitende Reibung zwischen Schiene und Rad ist. f liegt zwischen $^1/_4$ und $^1/_{12}$, je nachdem sich Rad und Schiene in sehr trockenem oder in fettem öligen Zustande befinden. Für den sehr ungünstigen Wert von $^1/_4$ (diese gröfste Reibungsziffer dürfte aber kaum bei allen Rädern gleichzeitig auftreten) wäre

$$L = \frac{136{,}7}{4} = 34{,}2 \text{ t.}$$

Hierbei dürfte aufserdem noch eine Stofsziffer für die dynamische Einwirkung zu berücksichtigen sein.

Die von der Maschine ausgeübte Zugkraft Z ist durch die Reibung der Treibräder der Maschine begrenzt. Wenn Pa das gesamte Reibungsgewicht der Maschine und fa die Reibungsziffer ist, so wird die gröfstmögliche Längskraft $La = Z = Pa \times fa$ sein.

fa kann mit $\frac{1}{5{,}5}$ bis $\frac{1}{6{,}6}$ angenommen werden und richtet sich ebenso wie die Ziffer der gleitenden Reibung nach dem Zustand von Rad und Schiene. Pa ist der Druck der Triebräder. Auf das Gleisstück von 20 m Länge können bei Nebeneinanderstellung zweier Tenderlokomotiven des Lastenzugs N im ungünstigsten Falle zehn Triebräder zu 25 t gelangen. Für

eine Schiene wäre somit der darauf ruhende gröfste Raddruck der Triebräder 125 t. Die gröfste Längskraft La daraus

$$La = \frac{125}{5,5} = 22,7 \text{ t.}$$

Eine Stofsziffer kommt hier wohl nicht zur Berücksichtigung, weil die von der Maschine ausgeübten Stöfse, die Adhäsionswirkung eher vermindern als erhöhen. Es ist also die gleitende Reibung der gebremsten Räder gröfser als die von der Zugkraft der Lokomotive ausgeübte gröfste Längskraft, mit ersterer Kraft ist daher zu rechnen.

Im Querschwellenoberbau mit Schotterbettung sind die hier ermittelten aufserordentlich grofsen Längskräfte der Bremswirkung und der Zugkraftwirkung die Hauptursache der raschen Zerstörung des Gleisgefüges und des Verschiebens des ganzen Gleises in der Bettung. Die vollen Bremswirkungen treten

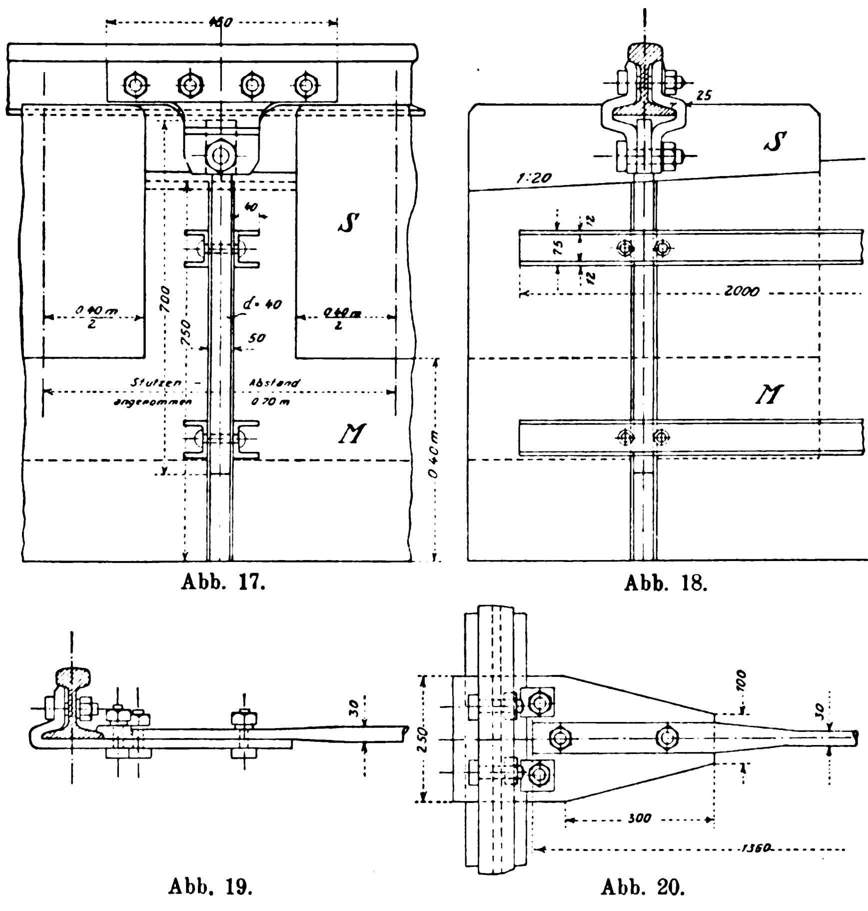


Abb. 17. Abb. 18. Abb. 19. Abb. 20.

auf wagrechter Bahn und in Neigungen unter $8^0/_{00}$ nur selten auf, und meist an bekannten Stellen z. B. vor Bahnhöfen, Streckensignalen usw. In Neigungen über $8^0/_{00}$, besonders aber in grofsen Neigungen, können die Bremswirkungen im talwärts befahrenen Gleis mit voller Stärke zur Geltung kommen. In grofsen Neigungen wird aber auch das bergwärts befahrene Gleis durch die volle Zugkraft der Maschine talwärts gezogen und damit Kräften ausgesetzt, denen das Gleis in der Regel nicht gewachsen ist.

Für die Verankerung der Schiene möchte ich den in den Abb. 17 und 18 ersichtlichen Vorschlag machen.

Sie besteht aus zwei laschenartigen Winkeln (Verankerungslaschen), die an den Schienen ähnlich wie die Stofslaschen mittels Schrauben (oder Nieten) befestigt werden, aus einem Metallstempel, der mittelst Bolzen an den Verankerungslaschen gelenkartig befestigt wird und aus einem Metallrohr, das in die Stützenmauer eingemauert und in geeigneter Weise, im vorliegenden Beispiel mittelst Querwinkel, darin festgehalten ist. An Stelle des Metallrohres könnte auch eine andere Vorrichtung zur Aufnahme des Stempels der Schiene treten. Der Stempel wird in das Rohr der Stützenmauer hineingesteckt und kann dadurch wohl die erforderlichen lotrechten Bewegungen mitmachen, verhindert aber die von ihm festgehaltene Schiene, Längs- oder Seitenbewegungen zu vollziehen. Die Schienenverankerungen werden in der Mitte der Schienen, am besten in der Schienenmitte und symmetrisch zu ihr, in jener Anzahl angeordnet, die zur Aufnahme der angreifenden Längskräfte notwendig erscheint. Durch das Festhalten der Schienenmitte können sich die kleinen Längenänderungen der Schiene, die sich aus der Wärmeänderung ergeben, ohne Hervorrufung schädlicher Spannungen nach beiden Schienenenden auswirken.

Ich glaube, dafs im allgemeinen für eine 15 bis 20 m lange Schiene drei, im Gleisstück somit sechs Verankerungen genügen werden. Sollten unter besonderen Verhältnissen fünf Verankerungen für einen Schiene notwendig sein, so würden die beiden äufseren Verankerungen in einem Abstand von ungefähr 1,5 m von der Schienenmitte entfernt liegen, die gröfstmögliche Längenänderung an dieser Stelle bei festgehaltener Schienenmitte wäre bei einer Temperaturänderung von — 30 auf + 50° etwa 1,4 mm, die vom Gelenk des Stahlstempels ohneweiters zugelassen wird. Wenn nötig, ordnet man den Durchmesser der Lochung im Schienensteg der äufseren Verankerung um 1 bis 2 mm gröfser als den Durchmesser der Laschenschrauben an.

Der Zwischenraum zwischen den beiden Stützenmauern, der, wie bereits erwähnt, etwa 0,80 m beträgt, wird im Bereiche der Verankerung durchgemauert; die Mauer wird überdies um etwa 20 cm vertieft, so dafs ein schwerer einheitlicher Mauerkörper entsteht, der geeignet ist, den einander gegenüberliegenden Ankern eine verläfsliche Stütze zu bieten und der vermöge seines grofsen Gewichtes und seiner breiten Auflagerung den gewünschten Festpunkt des Gleises zur Aufnahme der gröfsten Seiten- und Längskräfte ergibt.

E. Die Querverbindung der Schienen.

Die beiden einander gegenüberliegenden Schienen des Gleises müssen in geeigneter Weise miteinander starr verbunden werden. Die Verbindung hat den Zweck, die beiden Schienen im richtigen der Spurweite entsprechenden Abstand zu erhalten und die Schienen gegen das Kanten zu sichern. Die Spurweite wird auch durch die Seitenwände der Unterlagsplatte, in die der Schienenfufs versenkt ist und durch die Schienenverankerung gehalten, die Sicherung gegen das Kanten der Schiene erfolgt nur durch die Schienenverankerung und durch die Querverbindung.

Ich habe in den Abb. 19 und 20 eine Querverbindung entworfen, die mir geeignet erscheint, die Standsicherheit der Schienen gegen die grofsen Querkräfte zu gewährleisten. Sie besteht darnach aus drei Teilen: zwei einander gleichen Laschenwinkeln und einer Verbindungsstange. Die Schiene wird von dem Laschenwinkel nicht nur aufsen am Kopfe und an der Oberseite des Schienenfufses ähnlich wie von den Laschen des Schienenstofses fest umfafst, es ruht auch der Schienenfufs satt an der winkelartig gebogenen Laschenplatte auf, überdies wird der Schienenfufs noch an der Innenseite durch Klemmplättchen und Schrauben festgehalten. Die Laschenwinkel sind für alle Spurweiten dieselben. Die Verbindungsstange wird an den beiden Laschenplatten angeschraubt, sie kann auch an der einen Laschenplatte, oder wenn man auf das Abnehmen der

Querverbindung verzichtet, auf beiden Platten angenietet werden. Die Regelung der Spurweite erfolgt durch Verwendung entsprechend langer Verbindungsstangen.

Die Lasche der Querverbindung sowie die Klemmplättchen und sämtliche Schrauben sind keiner Abnützung durch Reibung verschiedenartig bewegter Teile unterworfen, wie dies beim Querschwellenoberbau zwischen Schiene, Unterlagsplatte und Schwelle der Fall ist. Die Schwingungen der Schiene macht die Querverbindung, ohne einen Widerstand zu bieten, mit.

Wie in Abb. 21 angedeutet, erscheinen mir in der Geraden acht Verbindungsstangen in 20 m Gleis für ausreichend, zumal in der Schienenmitte auch die kräftige Verbindung der Schienen mit den Stahlstempeln einem Kanten der Schienen entgegensteht. Im geraden Gleisstück von 15 m Länge würde ich sechs Querverbindungen für ausreichend halten.

F. Die Vorrichtung zur Verhinderung des Abhebens der Schienen.

Ob ein Festhalten der Schienen zur Verhinderung des Abhebens notwendig ist, ist im vorhinein wohl schwer endgültig zu entscheiden; ich neige zur Ansicht, dafs eine solche Vorrichtung nicht erforderlich wird. Genauen Aufschlufs kann hierüber nur ein ausgedehnter Versuch ergeben.

Ich will die Gründe, die für und gegen sprechen, darlegen, mufs aber dabei vom Querschwellenoberbau im Schotterbett ausgehen, da andere Erfahrungen nicht zur Verfügung stehen.

Ein Abheben der Schienen des vorgeschlagenen Oberbaues in mutwilliger Weise durch Bahnfrevel ist nicht zu besorgen, auch nicht nach Lösen der Laschenverbindung. Das Gewicht eines 15 oder 20 m langen Schienenstückes, das überdies mit der gegenüberliegenden Schiene verbunden ist und dessen Stempel (Verankerung) in den Führungen bei jeder Hebung und Verschwenkung, die nicht genau lotrecht erfolgt, gröfsten Widerstand finden, ist so grofs, dafs nur eine geschulte und ausreichend starke Arbeiterrotte ein Abheben vermag. Es wird leichter sein, ein Gleis in der Schotterbettung zu verschwenken, als ein Gleis mit festen Stützen abzuheben.

Es bleibt also zu beurteilen, ob sich die Schiene im Betrieb abheben kann, und zwar in einer Weise, die für den Betrieb störend ist.

W a s i u t y n s k i schreibt über die lotrechten Bewegungen der Schiene unter der Einwirkung der Verkehrslast folgendes: „Die vor dem ankommenden Zuge liegenden Schienen sind Schwingungen unterworfen, und zwar auf einer nicht unbedeutenden Strecke, deren Länge von der Oberbauart und von der Fahrgeschwindigkeit abhängt. In einer Entfernung von 3 bis 6 m vor dem vorderen Rade erheben sich die Schienen etwas über ihre ursprüngliche Lage, kehren in 1,5 bis 3,5 m Abstand vom vorderen Rade wieder in ihre ursprüngliche Lage zurück und fangen dann an, sich unter der Belastung einzusenken."

Angaben über das Mafs des Erhebens der Schiene über die Ruhelage finden sich bei W a s i u t y n s k i nicht vor. Es ist jedoch aus den Schaulinien ein Abheben der Schienen deutlich zu erkennen, doch erreicht die Abhebung nirgends das Mafs von 0,5 mm, bei vielen Versuchen war sie überhaupt Null. Die von W a s i u t y n s k i bei seinen Beobachtungen verwendete Lokomotive hatte, wie erwähnt, einen Achsdruck von 13,3 t, der Oberbau bestand aus Schienen von 31,45 kg/m, in einem anderen Fall 38 kg/m, die mittleren Schwellenabstände waren 0,85 und 0,75 m. Da sich damals wie jetzt, Achsdruck, Schienensteifigkeit und Schwellenabstand angenähert im gleichen Verhältnis befanden, was sich schon aus der gleichen Anwendung der von W i n k l e r und Z i m m e r m a n n aufgestellten Formeln ergibt, so ist wohl anzunehmen, dafs sich auch unter den heutigen Verhältnissen kein viel gröfseres Abheben der Schienen als das vorerwähnte ergibt.

Dem Abheben der Schiene des Querschwellenoberbaues unter der Einwirkung der Last wirkt in Wirklichkeit nur die Steifigkeit der Schiene entgegen, die Querschwellen kommen bei einer Schienenhebung von etwa einem halben Millimeter wohl nicht zur Mitwirkung, weil die Befestigungsmittel im Betriebe nie so fest angeprefst bleiben können, um nicht Bewegungen so kleinen Umfanges zuzulassen. Aber wenn sich auch die Querschwellen auf eine Länge von 2 bis 3 m mitbewegen, also das Schienenstück belasten würden, so kommt ihr Gewicht bei den grofsen Kräften, die die Einbiegung der Schiene verursachen, gar nicht in Betracht. E s w ä r e a l s o a u c h b e i d e m h i e r v o r g e s c h l a g e n e n O b e r b a u w e g e n d e s A b h e b e n s d e r S c h i e n e v o r d e m v o r d e r e n R a d e e i n e r L a s t g r u p p e e i n e b e s o n d e r e V o r r i c h t u n g z u r V e r h i n d e r u n g d e s A b h e b e n s n i c h t n ö t i g.

Eine andere Frage ist aber die, ob beim Oberbau auf Federn infolge der Federwirkung ein störendes Abheben, ein Aufschnellen der Schiene bei plötzlicher Entlastung, also hinter einer Last bei gröfserem Lastabstand oder hinter der letzten Achse auftritt.

Die Elastizität der Feder ist eine vollkommenere als die der Schotterbettung, auch eine gröfsere. Die niedergedrückte Feder, plötzlich nahezu unbelastet, wird zurückschnellen; in welcher Weise nun dieses Zurückschnellen auf die Schiene und damit auf das ganze Gleis einwirkt, ist vorläufig schwer festzustellen. Nicht unwichtig erscheint mir aber für die Beurteilung

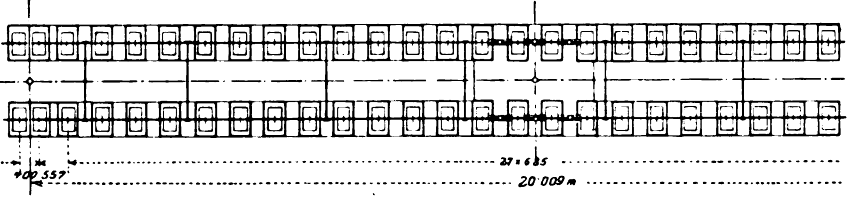


Abb. 21.

der vorliegenden Frage die Anschauung der Ingenieure des Böhlerwerkes, dafs eine Feder von so grofser Stärke, so geringer Windungszahl und so geringer Durchbiegung wie die in Behandlung stehende Schraubenfeder, auch bei plötzlicher Entlastung nicht über die Ruhelage hinausschwingen wird, zumindest nicht in einem Mafse das praktisch mefsbar ist.

Für den Fall dafs eine Schienenfesthaltung doch erforderlich sein sollte, habe ich in den Abb. 22 und 23 Vorschläge gemacht.

Die Vorrichtung besteht aus drei Teilen: Einem Bügel der den Schienenfufs umklammert, einem Ring und aus dem im Mauerwerk festgehaltenen Haken.

Der Bügel besteht aus einem etwa 3 cm starken Rundeisen oder Vierkanteisen das so geformt ist, dafs zwischen ihm, der Unterkante und der Oberkante des Schienenfufses entsprechende Spielräume für einzuschiebende Stahlbleche oder Stahlplatten frei bleiben. Die Stahlbleche verteilen den Druck des Bügels auf den Schienenfufs und dienen auch zur Verspannung des Bügels. Je nachdem man an der Oberkante des Fufses stärkere und an der Unterkante schwächere Platten gibt oder umgekehrt oben schwächere und unten stärkere, wird der Bügel, der am Schienenfufs immer fest anliegt, gehoben oder gesenkt. Der Bügel wird mit dem Ring vor dem Verlegen der Schienen auf den Schienenfufs aufgeschoben. Die Einbringung der Stahlbleche behufs Verspannung erfolgt nach Einhängung des Ringes in den Haken, allenfalls werden auch die Schienen und Schraubenfedern zur leichteren Einhängung des Ringes mittelst eines schweren Fahrzeuges um 2 bis 3 mm niederzudrücken sein. Der Haken wird bei der Ausführung der Mauerung in geeigneter Weise z. B. unter Anordnung eines Quereisens, zur Erhöhung der Haftfestigkeit in die Stützenmauer eingemauert.

Befährt ein Rad die Schiene, so senkt sich die Schiene und der am Schienenfufs festgehaltene Bügel im Ringe, dadurch ist die Schiene nicht mehr festgehalten und imstande alle lotrechten Bewegungen ohne Hemmung zu vollführen.

Bügel, Ring und Haken müssen sehr kräftig ausgeführt werden, da ihre Widerstandskraft, die Spannkraft der Doppelfeder überwinden mufs. Dem Bügel und dem Ringe kommen eine gewisse Elastizität zu. Der Ring und jene Stellen des Bügels und des Hakens, an denen er angreift, sind der Abnützung unterworfen, die Erhaltung der richtigen Verspannung hätte von Zeit zu Zeit durch Änderungen an den Stahlblechen zu erfolgen. Für den Fall der ausnahmsweisen Anbringung eines Bügels an einer im Gleis verlegten Schiene wird man zweckmäfsig auch aus zwei Teilen bestehende Bügel herstellen.

Von Wichtigkeit ist die Frage, ob die Festhaltung der Schienen mit einer gewissen Spannung oder ob sie spannungslos zu erfolgen hätte. Ich würde mich für eine mäfsige Verspannung, die etwa dem Druck einer Tonne entspricht, aussprechen. Verspannt man die Vorrichtung nicht, so wird sie Abhebungen der Schiene bis zu ein bis zwei Millimeter, vermöge der Elastizität des Bügels, des Ringes und der Zusammendrückbarkeit der zwischen Schienenfufs und Bügel angeordneten Stahlbleche, zulassen; gibt man eine zu grofse Verspannung, so würden an den Punkten der Festhaltevorrichtung Einsenkungen hervorgerufen werden, so dafs wir, allerdings nur im unbelasteten Zustande, ein wellenförmiges Gleis vor uns hätten, auch würde die Anzahl der Vorrichtungen eine zu grofse werden, ihre Stärke überdies bedeutend sein.

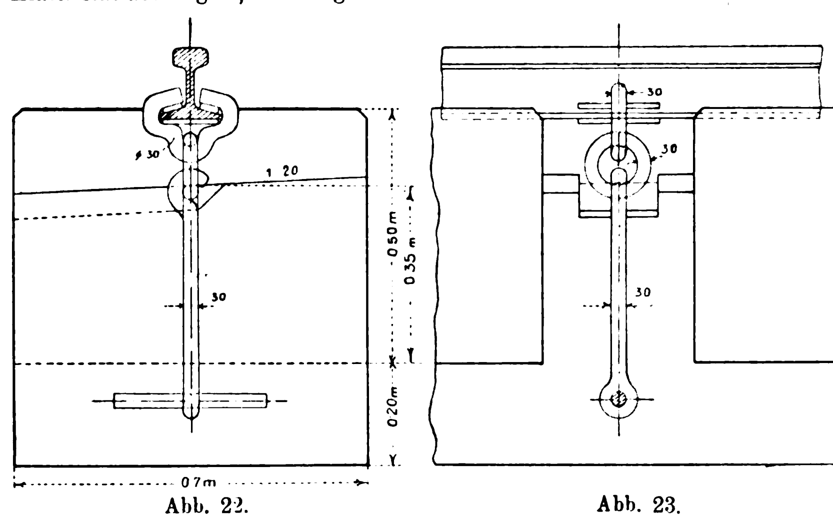


Abb. 22. Abb. 23.

Bei einer Spannung von 1 t an der Festhaltevorrichtung würden die beiden benachbarten Stützen einen Druck von je $^1/_2$ t aufzunehmen haben, dies ergibt bei der Doppelfeder, die ich dieser Abhandlung zugrunde gelegt habe, eine Stützensenkung von $\frac{0,286}{2}$ mm, bei der von mir vorgeschlagenen weicheren Feder $\frac{0,35}{2}$ mm, also durchweg Mafse, die am Oberbau überhaupt nicht mefsbar sind. Die Schienendurchbiegung würde beim Oberbau mit Schiene S 49 der Deutschen Reichsbahn bei einem Stützenabstand von 65 cm und unnachgiebige Stützen im Sinne der Formel $B = \frac{6 \times E.J}{a^3}$ nur $\frac{1}{79}$ cm d. s. 0,13 mm betragen.

Die Anzahl der Festhaltevorrichtungen dürfte darnach zu bemessen sein, dafs in etwa jedes fünfte oder sechste Feld, also in einem Abstand von etwa 4 m eine Vorrichtung kommt. Da ich aber glaube, dafs eine Vorrichtung zur Verhinderung des Abhebens der Schienen nicht notwendig ist, habe ich sie bei der Gesamtanordnung des Gleises und bei der Kostenermittlung nicht berücksichtigt.

G. Der Schienenstofs.

Für den Schienenstofs mache ich keine besonderen Vorschläge; ich bin jedoch der Anschauung, dafs sich durch die Lagerung der Schienen auf wirklichen Federn und festen Stützen eine grofse Anzahl von Möglichkeiten ergibt, den Schienenstofs gegenüber dem heutigen Zustand wesentlich zu verbessern.

Ich möchte daran festhalten, dafs die Bewegnng der Schiene zur Ausgleichung der Wärmespannungen in den der Kälte und der Sonne ausgesetzten Oberbaustrecken nicht gehindert werden soll, ich spreche mich daher aus Sicherheitsrücksichten gegen das Verschweifsen der Schienen aus. Damit mufs man aber auf sich nehmen, dafs an den Schienenstöfsen die Biegungslinie der Schiene trotz einer guten Verlaschung nicht mehr stetig verläuft und dafs sich abgebendes und aufnehmendes Schienenende verschieden verhalten, wodurch die bekannten Stofsstufen entstehen. Es wird aber darauf hinausgehen müssen, die Nachteile der Schienenunterbrechung durch eine entsprechende Stofsausrichtung so zu mildern, dafs sie für den Betrieb nicht mehr störend sind. Bei dem von mir vorgeschlagenen Oberbau können die Laschenverbindungen in gleicher Weise wie bisher angeordnet werden, es dürfen die Laschen nur nicht unter den Schienenfufs ragen. Der neue Oberbau der Deutschen Reichsbahn hat bereits derartige Laschen, ebenso der Oberbau der meisten übrigen Bahnen.

Der vorgeschlagene Oberbau läfst nun die Entfernungen der Stofsstützen beliebig regeln: man kann die Unterlagsquader zusammenrücken, bei einer Stützenentfernung von 40 cm, wie ich sie beispielsweise in der Anordnung Abb. 21 vorgesehen habe, berühren sich die beiden Unterlagsquader miteinander. Eine engere Stofsanordnung erfordert einen besonderen gemeinsamen Unterlagsquader mit gemeinsamer Platte. Als Grenzfall ist das Nebeneinanderstellen der Doppelfedern der beiden Schienenenden anzusehen. Wir haben also alle Möglichkeiten der Stützenentfernung gegeben, vom schwebenden Stofs bis zum festen Stofs — wie er früher hiefs — nur dafs wir es bei der Nebeneinanderlegung der Stützen noch immer mit einem elastischen Stofs zu tun haben. Vielleicht kommt den Stofsbrücken wegen der Möglichkeit ihrer elastischen Lagerung nunmehr eine neue Bedeutung zu.

H. Die Lage des Gleises. Die Entwässerung.

Die Lage des Gleises im Vergleich zum Querschwellengleis ist aus Abb. 24 zu ersehen, die Höhe der Schienenoberkante ist für beide Gleisarten gleich angenommen. Bei gleicher Höhenlage der Schienen kommt die Unterkante der Stützenmauer, je nach der vorhandenen Schotterstärke, um etwa 20 bis 30 cm unter die Bettung zu liegen. Das Gleis, begrenzt durch die Aufsenseiten der Stützenmauer, ist schmäler als die Querschwelle des Schwellenoberbaus. Da aber an der Aufsenseite der Mauer ein Erdkörper von ungefähr 1 m bleiben mufs, der zugleich als Gehweg für die am Oberbau beschäftigten Personen

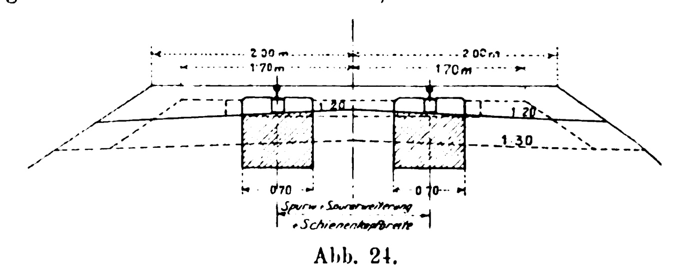


Abb. 24.

zu dienen hat, wird eine wesentliche Änderung des Unterbaukörpers kaum eintreten.

Die Entwässerung erfolgt wohl am sichersten dadurch, dafs man überhaupt kein Wasser in den Bahnkörper dringen läfst. Dies ist zu erreichen durch Anfüllen des zwischen dem Mauerkörper liegenden Teils mit wasserundurchlässigem Material, besser noch durch Abpflasterung mit einem in entsprechender Neigung ausgeführten Betonpflaster. Alle äufseren Begrenzungsflächen des in den Abbildungen dargestellten Oberbaus sind zur Erreichung eines guten Wasserabflusses mit entsprechenden Neigungen geplant. Bei Verwendung der U-förmigen Unterlagsplatte ist der Unterlagsquader seitlich ausgeschlitzt und abgeschrägt, die Untermauerung wird nur bis zur Ausschlitzung des Quaders aufgeführt und ebenfalls nach aufsen abgeschrägt.

Durch die Fernhaltung des Wassers wird die Gefahr der Frostauftriebe, die unter ungünstigen Umständen einen Schwellenoberbau mit Schotterbettung hinsichtlich Höhenlage und Gleisgefüge derart zerstören können, dafs zur Vermeidung von Entgleisungen plötzlich Fahrgeschwindigkeitseinschränkungen angeordnet werden müssen, gänzlich vermieden werden. Durch die Ausführung eines Pflasters im mittleren Teil des Bahnkörpers wird auch der Graswuchs, wenn schon nicht ganz verhindert, so doch wesentlich eingeschränkt und für die Gleiserhaltung belanglos werden. Die grofsen Kosten der Beseitigung des störenden Graswuchses sind wohl zur Genüge bekannt.

IV. Die Anwendung des Oberbaus.

A. Auf offener Strecke.

Der vorgeschlagene Oberbau dürfte wohl nur für Strecken in Betracht kommen, die mit grofsen Geschwindigkeiten, etwa mit über 100 km/Std. befahren werden. Weiter dürfte er sich auf Neigungen über 10‰ sowohl aus Sicherheitsgründen wie aus wirtschaftlichen Erwägungen mit Vorteil verwenden lassen. Für Geschwindigkeiten unter 90 km wird der Querschwellenoberbau genügen, wenn er mit entsprechend schwerer Schiene, dichter Schwellenlage und einer guten Bettung ausgestattet ist. Auf seine Verwendbarkeit auf eisernen Brücken, auch bei geringeren Geschwindigkeiten, komme ich im nächsten Abschnitt zurück.

Aus dieser Verwendungsabsicht des Oberbaus als Oberbau der wichtigsten Hauptstrecken ergibt sich von selbst, dafs es sich bei seiner Herstellung vornehmlich um den Umbau bestehender Strecken, selten um seine Anwendung auf neuerbauten Linien handeln dürfte. Er wird also auf einen Unterbau zu liegen kommen, dessen ruhige Lage bereits erreicht ist. Auf frisch geschütteten Dämmen oder auf Stellen, die Setzungen unterworfen sind, wird es untunlich sein, einen Oberbau mit festen Stützen zu errichten. Auf solchen den Setzungen unterworfenen Stellen wird man am besten den Querschwellenoberbau verlegen, zumal die Fahrgeschwindigkeit in solchen Strecken ohnehin nicht sehr grofs sein wird. Der Übergang vom Oberbau auf festen Stützen zum Querschwellenoberbau vollzieht sich am besten aufserhalb des Schienenstofses zwischen Schienenstofs und Schienenmitte und zwar auf dem dem Oberbau auf Stützen abgekehrten Schienenteil, damit das Schienenstück in seiner Mitte noch fest verankert ist.

Die Linienführung wird bei Herstellung eines Oberbaus der grofsen Geschwindigkeiten einer ganz besonderen Überprüfung bedürfen. Es ist eine unvermeidliche Folge eines Oberbaus mit festen Stützen, dafs eine Abänderung seiner Lage in wagrechter Hinsicht wie hinsichtlich seiner Höhe während der Liegedauer des Gleises nicht oder nur mit aufserordentlich grofsen Kosten erfolgen kann; man wird daher Oberbau und Unterbau so legen müssen, dafs eine Notwendigkeit zur Abänderung auf absehbare Zeit nicht eintritt.

Dafs plötzliche Änderungen in den Anschauungen über die richtige Linienführung eintreten können, ist nicht zu erwarten. Vor 60 Jahren hat Nördling die kubische Parabel für den Übergang aus der Geraden in den Bogen empfohlen, vor 35 Jahren hat der internationale Eisenbahnkongrefs in Petersburg (1892) die Zweckmäfsigkeit ihrer Verwendung neuerdings anerkannt. Zurückgeblieben ist vielfach die Durchführung aus Scheu vor den Kosten, an dem Gedanken selbst hat sich nichts geändert. Einige Unsicherheit scheint noch über die Zweckmäfsigkeit der Überhöhung der äufseren Schiene in den Bogen zu herrschen. Im allgemeinen sind die Überhöhungen vor allem auf den Linien mit Schnellzugverkehr zu grofs, was man aus dem Breitdrücken der inneren Schiene durch die schweren langsam fahrenden Züge ersieht. Ein Nachteil einer grofsen Schienenüberhöhung liegt besonders dann vor, wenn einem scharfen Bogen in kurzem Abstand ein Gegenbogen folgt, weil dann der Schwerpunkt des Fahrzeugs rasch hintereinander gehoben, gesenkt und wieder gehoben und das Fahrzeug selbst um seine Längsachse gedreht wird.

Wichtig ist auch eine entsprechende Ausrundung des beim Neigungswechsel sich ergebenden Winkels. Ist es möglich Bogen mit kleinen Halbmessern durch solche mit gröfseren zu ersetzen, so wird man dies wohl anläfslich des Gleisumbaues durchführen.

Es kommt vor allem auf die Stetigkeit der Bahn in lotrechter und in wagrechter Hinsicht an. Jede plötzliche Änderung der Höhenlage oder der Richtung hat einen unruhigen Gang der Fahrzeuge zur Folge, der wieder einen ungünstigen Einflufs auf das Gleis ausübt.

Von grofser Bedeutung ist eine weitgehende Beseitigung der Wegübergänge, jener Gefahrstellen, die sowohl im Interesse des Eisenbahnverkehrs wie des Strafsenverkehrs aus der Schienenhöhe verschwinden sollen. Die Herstellung eines Wegübergangs in Schienenhöhe beruht vom Standpunkte des Oberbaus auf keinerlei Schwierigkeiten, da die Anbringung der Leitschienen ähnlich wie beim Querschwellenoberbau möglich ist.

Weichen auf offener Strecke, es sind darunter die der Betriebsausweichen und Schleppbahnen verstanden, die verhältnismäfsig selten und nur zu bestimmten in der Fahrordnung vorgeschriebenen Zeiten unter Anwendung aller Sicherheitsmafsnahmen benützt werden, wären so auszugestalten, dafs sie mit der Geschwindigkeit des anschliefsenden Teiles der offenen Strecke befahren werden können. Womöglich soll man trachten, eine Unterbrechung der Schienenstränge der Hauptgleise an solchen Stellen zu vermeiden.

B. Auf den Brücken.

Auf steinernen und Betoneisenbrücken. Auf gewölbten Brücken geringer Spannweite und Brücken mit sehr flachen Bogen wird man die Stützenmauer, wenn nötig nach unten entsprechend erbreitert, bis zum Gewölbe herabführen. Der freibleibende Raum zwischen Stützenmauer und den beiden Stirnmauern der Brücke wird am zweckmäfsigsten mit einem leichten wasserdurchlässigen Stoff z. B. mit Kohlenlösche oder Schlacke aufgefüllt. Der schwere Oberbauschotter ist hierfür nicht mehr erforderlich, dadurch wird die Gesamtbelastung des Gewölbebogens nicht gröfser als zuvor. Das gleiche gilt für die nicht gewölbten Brücken, die meist Betoneisenbrücken sind. Die erforderliche Höhe zwischen Schienenoberkante und Brücke wird wohl überall vorhanden sein, weil der Oberbau mit festen Stützen nicht mehr Höhe erfordert als der Querschwellenoberbau samt Bettung. Die Bogenbrücken grofser Spannweiten haben zur Aufnahme der Fahrbahn meist einen auf dem Bogen mittelst Pfeilern aufruhenden viaduktartigen Überbau, so dafs das Gewölbe auf welches die Stützmauer des Oberbaues zu stellen ist, nicht wesentlich tiefer als bei kleinen Brücken liegt.

Auf eisernen Brücken. Dafs seit langem das Bestreben vorherrscht auf eisernen Brücken, also auf Bauwerken



die besonders kostspielig, sehr empfindlich und für lange Bestanddauer bestimmt sind, eine Oberbauart anzuwenden die eine bessere Verarbeitung der stofsartigen Wirkungen der Fahrzeuge ermöglicht, ist wohl eine allbekannte und sehr begreifliche Tatsache. Dadurch dafs das Gleis unmittelbar oder mittelst Schwellen und Unterlagsplatten auf den Längsträgern oder den Querträgern der eisernen Brücke aufruht, ergibt sich ein so hartes Fahren auf der Brücke, dafs man selbst die hohen Mehrkosten der Durchführung einer Schotterbettung auf sich nimmt, nur um eine gröfsere Elastizität des Gleises zu ereichen. Die deutsche Brückenverordnung sieht — wie bereits dargelegt — mit Recht kleinere Stofszahlen bei Verwendung einer durchgehenden Bettung gegenüber dem unmittelbaren Aufliegen der Schienen auf den Trägern der Brücke vor.

Die Verhältnisse des Oberbaues auf Brücken schildert am anschaulichsten eine Abhandlung von Dr. Blofs*) im Organ f. d. Fortschr. d. Eisenbahnwesens, die ich hier auszugsweise wiedergeben will:

„Der Oberbau auf Eisenbahnbrücken unterscheidet sich vom Regelgleis hauptsächlich dadurch, dafs auf Brücken die Bettung entweder nur in einer beschränkten Bauhöhe angeordnet wird oder ganz wegfällt. Es ergibt sich dabei eine ganze Stufenleiter von Möglichkeiten. Im engsten Anschlufs an das Regelgleis stehen solche Gleise auf Steinbrücken, bei denen nur im Gewölbescheitel die Höhe der Bettung eingeschränkt ist, sonst aber die volle Bettungshöhe vorhanden ist. Am weitesten vom Regelgleise entfernen sich Brückengleise, bei denen auch auf Schwellen verzichtet wurde, deren Schienen also unmittelbar auf den Hauptträgern oder Längsträgern angeordnet werden.

Die Hauptfrage für die Beurteilung von Brückengleisen ist, welche Eigenschaften dem Brückengleis gegenüber dem Regelgleis durch den teilweisen oder gänzlichen Verzicht auf die Bettung verloren gehen.

Im Regelgleis fällt der Bettung die Aufgabe zu, durch die Eindrückung der Schwelle in die Bettung, die sich als eine elastische (und zwar fast rein elastische) Formänderung darstellt, dem Gleise eine gewisse Federung zu verleihen, so dafs es sich weich befährt und die Stofsdrücke gut verarbeitet werden. Die Stofsdrücke gehen entweder vom Gleise aus und erscheinen dann als Schläge, die durch Unregelmässigkeiten der Gleislage und Unstetigkeiten der Fahrbahn ausgelöst werden, z. B. Höhenbuckel, Einsenkungen, Knicke, insbesondere aber Stofsstufen, Lücken und Winkelbildungen an den Schienenstöfsen. Die vom Fahrzeuge ausgehenden Stofsdrücke entstehen durch unrunde Räder, durch Schleifstellen auf den Radkränzen, durch unausgeglichene Massenwirkungen an den Lokomotivrädern, durch plötzliche Druckänderungen im Federspiel. Alle diese Stofsdrücke erscheinen in den Stofsformeln, die Dr. Saller aufgestellt hat, in der Form von Stofs- oder Fallhöhen. Verarbeitet werden die Stofsdrücke durch die elastische Nachgiebigkeit des Oberbaus und es liegt also die Aufgabe vor, die Stofshöhen möglichst klein und die federnden Durchbiegungen ausreichend grofs zu halten. Die Einschränkung der Stofshöhen läuft auf eine gute Durchbildung des Gleises und auf die dauernde Erhaltung einer guten Gleislage hinaus. Was das Mafs der ausreichenden Durchbiegung anlangt, so kann man die Stofsformeln zunächst dahin auslegen, dafs eine gute Verarbeitung der Stofsdrücke gewährleistet ist, wenn ein Brückengleis dieselbe Durchbiegung aufweist, wie ein kräftiges Regelgleis. Demnach würden etwa 2 mm als untere Grenze für die Durchbiegung gelten können, 2,5 mm als gutes Mafs. Freilich bedürften diese Zahlen eigentlich noch eines besonderen Nachweises. So einleuchtend der Schlufs vom Regelgleis auf das Brückengleis auch ist, so sind doch die Wirkungen der Stöfse bei beiden noch recht verschieden; treffen sie doch beim Brückengleis vorzugsweise auf empfindliche Bauteile geringer Masse, bei Eisenbahnbrücken z. B. vornehmlich auf Längs- und Querträger, im Regelgleise aber treffen sie auf die unbegrenzte, unempfindliche Masse des Erdunterbaus. Für den Anfang, so lange eine auf Messungen begründete Erforschung der näheren Verhältnisse noch fehlt, mufs man von dem Vergleich mit dem Regelgleise als dem einzigen greifbaren Anhalt ausgehen."

Weiter schreibt Dr. Blofs: „Es tritt daher die Erscheinung auf, dafs auch auf grofsen wichtigen Bauwerken die Gleislage schlechter ist, als im anschliefsenden Regelgleis; also gerade dort, wo die Verminderung der Fall- und Stofshöhen und damit der Stofsdrücke besonders erstrebenswert wäre, um empfindliche Bauteile zu schonen, ist oft ein wesentlicher Mangel festzustellen."

Blofs bespricht weiter als stofsmildernde Mittel die Zwischenlagen zwischen Schiene und Schwelle und erwähnt unter andern auch einen anfangs der neunziger Jahre gemachten Versuch der oldenburgischen Staatsbahnen, die Schiene auf federnde Platten zu lagern, der sich aber wegen des baldigen Nachlassens der Elastizität der Platten nicht bewährte. Die federnden Unterlagsplatten wurden wieder ausgebaut. Blofs bedauert das Aufgeben des Versuches.

Dr. Geiger, Augsburg*) tritt in einer längeren Abhandlung »Dynamische Untersuchungen von Brücken«, für systematische Messungen mit dynamisch einwandfreien Instrumenten ein. Er ist der Anschauung, dafs die hauptsächlichen dynamischen Beanspruchungen von den Schienenstöfsen herrühren und schreibt:

„Um die von den Schienenstöfsen herrührenden, dynamischen Beanspruchungen zu mildern, gibt es zunächst zwei Wege: Beseitigung oder Verlegung der Schienenstöfse auf der Brücke durch entsprechende Mafsnahmen oder Milderung der harten Übertragung der von denselben herrührenden dynamischen Stöfse auf die Brückenkonstruktion z. B. durch Zwischenschaltung eines federnden Mediums, wozu auch die Anwendung einer durchgehenden Schotterung gehört."

Das gegenwärtig übliche Gleis auf eisernen Brücken — einerlei, ob die Schienen unmittelbar auf den Trägern der Brücke aufruhen oder mittelst Querschwellen oder Langschwellen und Unterlagsplatten an der Brücke befestigt sind — ist ein Gleis auf festen Stützen, jedoch ohne entsprechende elastische Zwischenlage.

Die Anbringung der von mir vorgeschlagenen Schraubenfeder unter sinngemäfser Anwendung der vorgeschlagenen Unterlagsplatten (U-förmige oder stuhlartige Unterlagsplatte), der Verankerung und der Querverbindung, wird aller Voraussicht nach die Lösung der Oberbaufrage für die eisernen Brücken bringen. Die Feder mit einer gröfsten Einsenkung von 3 bis 4 mm, wird jene Ursachen der Stofswirkung beseitigen, die von der unelastischen und unebenen Bahn ausgehen, und wird die vom Fahrzeug kommenden Stöfse vollständig elastisch verarbeiten. Auch die Schienenstofsverbindung wird ihre Gefährlichkeit verlieren, ohne dafs man auf die sehr bedenkliche Beseitigung der Stofslücken greifen mufs. Es ist nicht unwahrscheinlich, dafs man dann beim Baue neuer Brücken die Stofsziffer wird verringern können, oder bei Belassung der Stofsziffer höhere Fahrgeschwindigkeiten hinnehmen wird. Bei bestehenden Brücken wird man nach Anordnung des Gleises auf Federn höhere Achsdrücke zulässig erklären können oder die Geschwindigkeit erhöhen, so dafs die Brücke, die in vielen Fällen das Hindernis einer höheren Fahrgeschwindigkeit wurde, kein Hindernis mehr ist.

C. In den Bahnhöfen.

Den Oberbau auf Federn und festen Stützen fasse ich wie bereits mehrmals erwähnt, vornehmlich als den Oberbau der grofsen Geschwindigkeiten auf. Da ich nun der Anschauung bin, dafs wir durch die Bahnhöfe, auch wenn die offene Strecke mit gröfserer Geschwindigkeit befahren wird, mit keiner gröfseren Geschwindigkeit fahren sollen als die heute übliche, also mit höchstens 90 km/Std., so halte ich die Umgestaltung der Bahnhofshauptgleise und der Weichen auf den Oberbau mit festen Stützen nicht für unbedingt notwendig, soferne Gleise und Weichen mit kräftigen Schienen ausgestattet, mit guter Bettung versehen und gut erhalten sind.

*) Organ f. d. Fortschr. d. Eisenbahnwesens 1925, S. 120.

*) Der Bauingenieur, 1924, Heft 19.



Wir dürfen nicht übersehen, dafs das Querschwellengleis im Bahnhof anders gebettet ist, als das der offenen Strecke. Auf der offenen Strecke reicht die Schotterbettung über Schwellenoberkante in der Regel nicht hinaus, die Schwellen sind also unbedeckt, seitlich sind die Schwellenköpfe nur von einer verhältnismäfsig kleinen Schottermenge umgeben, die leicht verschiebbar ist. Dadurch ist das Gleis der offenen Strecke Längs- und Querkräften gegenüber wenig widerstandsfähig, dafür läfst sich die Bettung verhältnismäfsig leicht unterstopfen und reinigen, somit leichter elastisch erhalten. Die Gleise von Bahnhöfen, in denen die Reisenden die Gleise in Schienenhöhe überschreiten müssen, sind dagegen bis zur Schienenkopfhöhe mit Bettungsstoff bedeckt, der durch das häufige Betreten zu einer festen, unverschiebbaren Masse wird, seitlich finden die Schwellen im festen Boden stärksten Halt. Solche Bahnhofgleise sind daher gegenüber Längs- und Querverschiebungen weit widerstandsfähiger als die der offenen Strecke, dafür hat diese Art der Bettung den Nachteil geringerer elastischer Nachgiebigkeit der Gleise, es fahren sich solche Bahnhofgleise tatsächlich hart. Beide Vorteile: Festhalten der Bettung und damit Festhalten der Schwellen in der Bettung und Erhaltung eines gewissen Grades an Elastizität vereinigt die Anordnung der Hauptgleise in jenen Bahnhöfen, deren Bahnsteige durch Übergangsstege oder Tunnel zugänglich sind, weil hier die Gleisbettung durch Randsteine seitlich eingefafst und damit am Ausweichen gehindert ist, die Bettung vor Verunreinigung geschützt und wie auf der offenen Strecke unterstopft werden kann. Jedenfalls erfordern Bahnhofhauptgleise ein besonderes Mafs an guter Unterhaltung.

Die Notwendigkeit einer Begrenzung der Fahrgeschwindigkeiten in den Bahnhöfen halte ich aus Sicherheitsrücksichten für angezeigt.

Fast alle grofsen Bahnunfälle finden in den Bahnhöfen oder bei den Bahnhofseinfahrten und Ausfahrten, selten auf offener Strecke statt. Die Unfälle auf offener Strecke sind fast ausschliefslich Folgen von Elementarereignissen wie Felsstürze, Unterwaschungen usw. selten die Folge von Zugsbegegnungen. In den Bahnhöfen hingegen, die dazu bestimmt sind, das Vorfahren und Kreuzen von Zügen zu ermöglichen, in denen der Vorschub sowie die Beladung und Entladung der Fahrzeuge erfolgt und in denen zu diesem Zwecke von den Hauptgleisen mittelst Weichen weitere Gleise abzweigen, sind Gefahrquellen vereint, die bei aller Vollkommenheit der technischen Einrichtungen und bei aller Tüchtigkeit des Personals, infolge zeitweiligen Versagens der mechanischen Einrichtungen und der menschlichen Sinne, zu grofsen Unfällen führen können. Ich brauche nur einige Gefahren zu erwähnen, die sich ausschliefslich aus der Verkehrsabwicklung in den Bahnhöfen ergeben: »Fahrt auf ein besetztes Gleis«, »Streifung bei der Einfahrt oder Ausfahrt mit einem Verschubzug«, »Befahren der Weiche in die Ablenkung mit zu grofser Geschwindigkeit«, »Umstellung der Weiche unter dem fahrenden Zug« usw. um zu zeigen, wie sehr hier eine Begrenzung nottut. Bei einer Durchfahrt eines Zuges mit 80 oder 90 km Std.-Geschwindigkeit, läfst sich möglicherweise noch eine fehlerhafte Weisung rechtzeitig erkennen und berichtigen, ein Zug noch rechtzeitig anhalten, somit eine Gefahr abwenden, was vielleicht bei einer Durchfahrgeschwindigkeit von über 100 km nicht mehr möglich ist. Die Geschwindigkeitsverminderung müfste beim Vorsignal des Bahnhofs einsetzen, beim Einfahrtssignal durchgeführt sein und bis zum Ausfahrtsignal dauern.

V. Die Kosten.

Es ist wohl ohne Zweifel feststehend, dafs der in Vorschlag gebrachte Oberbau auf Federn und festen Stützen wesentlich höher zu stehen kommt als ein Oberbau auf Eisenquerschwellen der in Europa üblichen Bauart Ich glaube aber auch behaupten zu können, dafs der vorgeschlagene Oberbau gröfseren Beanspruchungen entsprechen kann als der Querschwellenoberbau und dafs die Kosten der Unterhaltung eines in richtigen Ausmafsen hergestellten Oberbaus auf festen Stützen geringer sein werden als die eines stark befahrenen Querschwellengleises, da mit der festen Lagerung der Stützen all die grofsen Kosten in Wegfall kommen, die sich aus der Einsenkung der Schwellen in die Bettung, dem Einsenken der Bettung in den Untergrund, aus dem Verschieben der Schwellen, dem Wandern der Schienen und den Frostauftrieben ergeben.

Wenn ich den Versuch mache, die Kosten der Herstellung des neuen Oberbaus wenigstens vergleichsweise zu erfassen, so bin ich mir wohl bewufst, dafs alle Zahlen die ich bringe anfechtbar sind und zwar schon deshalb, weil die Ausmafse der einzelnen Bestandteile noch nicht feststehen und weil die Einheitspreise die ich zugrunde lege, nicht das Ergebnis einer Ausschreibung sein können. Dennoch will ich den Versuch hinsichtlich der Kosten der Neuherstellung wagen, von der Nennung von Zahlen hinsichtlich der Kosten der Bahnunterhaltung sehe ich jedoch gänzlich ab.

A. Die Kosten der Neuherstellung.

Zum Vergleich ziehe ich einen Querschwellenoberbau auf Eisenquerschwellen heran, und zwar den Reichsoberbau B der Deutschen Reichsbahn, weil mir dessen Stoffbedarf aus der Literatur zur Verfügung steht und weil die Österreichischen Bundesbahnen wohl Weichen auf eisernen Querschwellen aber keinen Oberbau der offenen Strecke auf Eisenschwellen in Verwendung haben. Die Einheitspreise die ich in österreichischen Schillingen*) einsetze, sind nicht die Preise der Deutschen Reichsbahn, diese sind mir unbekannt, sie sind auch nicht die Preise der Österreichischen Bundesbahnen, doch dürften sie diesen immerhin nahekommen.

Dem Oberbau auf Schraubenfedern (Doppelfedern) und festen Stützen lege ich dieselbe Schiene und denselben Schienenstofs wie dem Reichsoberbau B zugrunde dessen Stoffbedarf ich im folgenden anführe; ebenso die gleiche Anzahl von Stützen, also Schienen von 15,0 m Länge auf 23 Stützen. Die Zahl der Verankerungen nehme ich wie bei dem in Abb. 21 dargestellten Gleisstück von 20 m Länge mit sechs, die Anzahl der Querverbindungen jedoch ebenfalls mit sechs an. Die in Abb. 16 ersichtliche 10 cm starke Abpflasterung über dem etwa 80 cm breiten Erdkörper, der den Raum zwischen den beiden Stützenmauern ausfüllt, habe ich in die Kostenberechnung nicht aufgenommen, ebenso nicht die Schienenfesthalte-Vorrichtung. Dagegen ist in der Kostenberechnung die Durchmauerung des Mauerkörpers an der Stelle der Schienenverankerung in einer Länge von 2,40 m und die Vertiefung dieses Mauerkörpers um 20 cm vorgesehen.

Die gröfsten Kosten im vorgeschlagenen Oberbau erfordern die Schraubenfedern, die armierten Unterlagsquader und die Untermauerung.

Das Gewicht einer Schraubenfeder beträgt etwa 2,9 kg, einer Doppelfeder somit 5,8 kg. Der Preis einer Feder, hergestellt aus Silizium-Federstahl, ölgehärtet, beträgt laut Angabe der Firma Böhler bei Abnahme von 1 Stück S 2,80, von 100 Stück S 2,20 und bei Abnahme von 1000 Stück S 2,00 für 1 kg ab Werk Kapfenberg in Steiermark. Es ist wohl als sicher anzunehmen, dafs bei Abnahme von vielen 1000 Stücken und Einwirkung der Konkurrenz ein niedrigerer Einheitspreis erzielt werden kann. Ich lege den Preis von S 1,80 für 1 kg, also S 1800 für 1 t der Berechnung zugrunde.

Die Herstellung der Unterlagsquader würde sich nach den Angaben, die ich bei einer Betonwerkstätte der Österreichischen Bundesbahnen erhielt, die sich seit vielen Jahren mit der Herstellung armierter Rohre, Säulen etc. befafst, etwa wie folgt stellen:

*) 1 Österreichischer Schilling angenähert = 0,73 Goldfranken = 0,7 Goldkronen = 0,6 Reichsmark = 0,14 amerikanische Dollar = 0,03 englische Pfund.

Ein Quader mit 0,132 m³ erfordert im Mischungsverhältnis 1 : 4 46 kg Zement, 0,14 m³ Sand und Kies, 3 kg Eisendraht, somit Kosten der Baustoffe

46 kg Zement zu 0,07 S . . .	S 3,22	
0,14 m³ Sand zu 4,50 S	S 0,63	
3,0 kg neuer Draht von 5 mm Durchmesser samt Binden	S 3,00	
Lohnkosten: Zwei Arbeiter erzeugen bei achtstündiger Arbeitszeit bei Massenherstellung im Tag zehn Quader, das sind $2 \times 8 \times 0{,}9$ S = S 14,4, somit kostet ein Quader	S 1,44	
Regiezuschlag 50 % von den Lohnkosten	S 0,72	
Kosten der Formen: Eine 4 m lange Form für die gleichzeitige Erzeugung von fünf Steinen kostet S 80.—, bei Erzeugung von 1000 Steinen kommen auf ein Stück	S 0,08	
	S 9,09	= S 9,10
Zuschlag für das Verladen eines Quaders . . .		S 0,50
Zuschlag für das Versetzen eines Quaders an der Baustelle		S 0,80
zusammen für einen Quader . .		S 10,40

Somit kostet 1 m³ Quadermauerwerk samt Armierung und Versetzen $7{,}58 \times 10{,}40 = 78{,}83$ S, rund 80,— S.

Für die Untermauerung ist Beton im Mischungsverhältnis 1 : 8 angenommen, es ist 1 m³ mit 50,— S herstellbar.

Für die Unterlagsplatten, die die nächstgröfste Post im Kostenanschlag darstellen, habe ich eine Plattenstärke von 12 mm angenommen, dies dürfte wohl sehr reichlich sein. Den Einheitspreis kann ich niedriger als bei den sonst üblichen Platten bemessen, weil die Unterlagsplatte des vorgeschlagenen Oberbaues, nichts anderes als ein in U-Form gebrachtes rechteckiges und vollkommen glattes Blech ist.

Die wichtigsten für die Kostenberechnung angenommenen Ausmafse der einzelnen Bestandteile des Oberbaues sind aus der Kostentafel zu ersehen.

Die vom deutschen Reichsoberbau B übernommenen und für beide Oberbauarten gleichen Bestandteile sind mit einem *) bezeichnet.

Reichsoberbau B mit Schienen 49 kg/m 15,0 m lang auf 22 eisernen Mittelschwellen und einer eisernen Breitfufsschwelle am Schienenstofs.

Gegenstand	Gewicht für 1 Stück kg	Für 15 m Gleis		Für 1 km Gleis		Kosten in Schillingen	
		Stück	kg	Stück	t	für 1 t	für 1 km Gleis
Schienen 15 m lang .	733,04	2	1466,08	133⅓	97,73	260	25412
Eiserne Breitschwellen	129,34	1	129,34	67	8,67	300	2601
Eiserne Mittelschwellen	78,03	22	1716,65	1467	114,47	300	34341
Laschen	9,06	4	36,24	267	2,42	500	1210
Laschenschrauben . .	0,891	8	7,13	534	0,48	500	240
Klemmplatten	0,743	96	71,33	6400	4,76	500	2380
Spurplättchen	0,266	96	25,54	6400	1,70	500	850
Hakenschrauben . . .	0,711	96	68,26	6400	4,55	500	2275
Doppelte Federringe .	0,092	8	0,74	534	0,05	500	25
Eisenbestandteile für 1 km Gleis					234,83	—	69334
Schlägelschotter 0,5 m unter Schwellenoberkante					m³ 2000	m³ 8	16000
Lohnkosten für das Verlegen des Gleises							15000
Gesamtkosten (ohne Abrechnung des Rückgewinnes) . . .							100334

Oberbau auf Schraubenfedern (Doppelfedern) mit Schienen 49 kg/m, 15,0 m lang auf 23 Stützen, mit sechs Schienenverankerungen und sechs Querverbindungen.

Gegenstand	Gewicht für 1 Stück kg	Für 15 m Gleis		Für 1 km Gleis		Kosten in Schillingen	
		Stück	kg	Stück	t	für 1 t	für 1 km Gleis
Schienen 15 m*) lang	733,04	2	1466,05	133⅓	97,74	260	25412
Stofslaschen*)	9,06	4	36,24	267	2,42	500	1210
Laschenschrauben Stofs (8)*), Verankerung (24)	0,891	32	28,51	2133	1,90	500	950
Laschenschrauben der Querverbindung	0,8	72	57,6	4800	3,84	500	1920
Doppelfedern	5,80	46	266,8	3066	17,78	1800	32004
Unterlagsplatten 12 mm stark	17,1	46	786,6	3066	52,44	260	13634
Federschutzhülse 5 mm stark	2,7	46	124,2	3066	8,28	350	2898
Verankerungslasche 25 mm stark	14,9	12	178,8	800	11,92	500	5960
Stahlstempel d = 40, lang 700 mm	6,9	6	41,4	400	2,76	350	966
Stahlrohr lang 750 mm innen 40, aufsen 50	3,6	6	21,6	400	1,44	600	864
Winkeleisen samt Nieten, 12 mm stark, 2000 lang	30	12	360	800	24,00	200	4800
Laschenwinkel der Querverbindung 20 mm stark	21,8	12	261,6	800	17,44	450	7848
Verbindungsstange, d = 30, lang 1360 mm	7,5	6	45,0	400	3,00	350	1050
Klemmplättchen der Querverbindung	0,78	24	18,72	1600	1,25	500	625
Steinschrauben der Unterlagsplatte d = 20, lang 300 mm	0,9	184	165,6	12267	11,04	400	4416
Doppelfederringe*)	0,092	104	9,57	6933	0,64	500	320
Eisenbestandteile für 1 km Gleis					257,89	—	104877
Unterlagsquader 1 : 4 samt Armierung Draht 5 mm und Versetzen	0,132	46	m³ 6,07	3066	m³ 405	für 1 m³ 80	32400
Untermauerung 1 : 8 siehe Mauerverstärkung bei der Verankerung	—	—	m³ 8,77	—	m³ 585	für 1 m³ 50	29250
Lohnkosten für das Verlegen des Gleises (ohne Mauerwerk) .							15000
Gesamtkosten (ohne Abrechnung des Rückgewinnes) . . .							181527

B. Die Kosten der Gleisunterhaltung.

Bei den Unterhaltungsarbeiten am Querschwellenoberbau kann man deutlich folgende Arbeitsgattungen unterscheiden: die **gewöhnliche fortlaufende Unterhaltungsarbeit**, die im Auswechseln einzelner Befestigungsmittel, gebrochener Laschen, einzelner schadhaft gewordener Schwellen, im Unterstopfen kleiner Gruppen locker gewordener Schwellen und im Reinigen der Gleise von Graswuchs usw. besteht, weiter die **gründliche Durcharbeitung des Gleises**, die je nach dem Zustand des Gleises und der Stärke des Betriebes etwa alle vier Jahre nötig ist, und die in der

Wiederherstellung der ursprünglichen Gleislage durch Heben ganzer Gleisstrecken, Beseitigung der ungleich gewordenen Schwellenabstände und Wiederherstellung der durch die Schienenwanderung veränderten Lage der Schienen besteht. Unerwartet können gröfsere Arbeiten am Gleis zur Beseitigung plötzlich auftretender Frostauftriebe entstehen.

Wenn ich den Vergleich mit dem Oberbau auf festen Stützen ziehe, so wird man mir wohl beipflichten, dafs die zweitgenannte Arbeitsgattung, die vornehmlich in der Wiederherstellung der ursprünglichen Gleislage besteht, in dieser Form wohl entfallen wird, es wird vielleicht an ihre Stelle die gründliche Überprüfung und Ausbesserung der Stützenmauer treten, doch dürfte das Arbeitsausmafs hierfür wohl ein geringeres sein; die dritte Arbeitsgattung, die Beseitigung der Frostauftriebe wird gänzlich entfallen. Die überwiegende Mehrzahl der Unterhaltungsarbeiten am Querschwellenoberbau ist an die günstige Jahreszeit gebunden, die Beseitigung der Frostauftriebe fällt unmittelbar in das Winterende und zwingt dadurch zur Aufnahme von Verstärkungsarbeiten zu einem Zeitpunkte, in dem der Bahnkörper für die Sommerarbeiten noch nicht geeignet ist. Beim Oberbau auf Federn und gemauerten Stützen wird sich die Unterhaltungsarbeit vornehmlich auf die Untersuchung der richtigen Lage der Federn, dem Auswechseln von Federn und allfälligen Beilagen und auf die Erhaltung der Stützenmauer erstrecken. Die Berichtigung der Lage der Federn und ihre Auswechslung ist eine Arbeit, die zu jeder Jahreszeit erfolgen kann, die Wiederherstellung einer zerstörten Stützenmauer ist an die günstige Jahreszeit gebunden. Letztere Wiederherstellung wird zweckmäfsig wohl in der Art vor sich gehen, dafs vorerst durch Holzstücke, Steine oder ein anderes geeignetes Material ein Unterstützen oder Unterkeilen der Mauerteile oder der Unterlagsplatten erfolgt, bis sich der geeigneteste Zeitpunkt für die Auswechslung der Quader oder Erneuerung der Untermauerung ergibt. Ich möchte darauf hinweisen, dafs ein Umstürzen oder Ausweichen der Stützenmauer nicht eintreten kann, weil die Mauer beiderseits bis zur Höhe des Bodens der Unterlagsplatte von einem festen Erdkörper mauerartig umgeben ist, so dafs ein Bruch der Stützenmauer nicht durch ein Auseinanderfallen der Mauer, sondern nur durch ein Lockern einzelner Mauerteile in Erscheinung treten kann.

Ich glaube, dafs durch den Entfall der vielen Arbeiten, die sich aus der Lage des Schwellengleises in der Schotterbettung ergeben, die Bahnunterhaltungsarbeit eine gleichmäfsigere wird, der Arbeiterstand im Sommer wird wohl höher sein müssen als der des Winters, er wird aber nicht um ein so grofses Mafs höher, und im Winter selbst eher kleiner als der heutige sein.

Der vorgeschlagene Oberbau enthält keine Eisenbestandteile (Schienen und Stofslaschen ausgenommen), die einem besonderen Verschleifs ausgesetzt sind, da an ihm Klemmplättchen, Nägel oder Schrauben, welche bewegliche, elastische Gleisteile mit ruhenden, unelastischen zu verbinden haben, gänzlich fehlen. Die Schienen und Stofslaschen selbst dürften einer geringeren Abnützung unterworfen werden als im Querschwellenoberbau, und zwar nicht so sehr deshalb, weil die Schiene durch die unveränderliche Stützenentfernung geringer beansprucht wird, sondern hauptsächlich wegen der gleichmäfsigen und elastischen Lagerung der Schiene, durch die nicht nur viele Ursachen der Stofswirkungen beseitigt, sondern auch die noch verbleibenden Stofswirkungen elastisch verarbeitet werden können. Auch der Schienenstofs, oft die Ursache des früheren Auswechselns einer Schiene, wird durch die Verringerung der dynamischen Kräfte und durch die Möglichkeit der Anordnung günstigster Stützenentfernungen sehr geschont.

VI. Schlufswort.

Wenn ich auch in der vorliegenden Abhandlung die Möglichkeit der Ausführung des von mir gedachten Oberbaus dargelegt zu haben glaube, so will ich doch nicht verbergen, dafs mir noch zwei Unbekannte offen erscheinen, deren Erkennung nicht auf theoretischem Wege allein möglich ist: Wie verhält sich die auf den vollkommen elastischen Federn ruhende Schiene im Betriebe, werden störende Schwingungen auftreten, und wie verhält sich die Stützenmauer zu der auf sie einwirkenden Kraft?

Ich glaube, die Beantwortung dieser Fragen, sowie die Entscheidung über die Einzelheiten der Konstruktionsteile, kann nur durch die Wirklichkeit, nur durch ausgedehnte Versuche erfolgen. Ich würde daher die Errichtung von Versuchsstrecken auf das wärmste begrüfsen. Für die eisernen Brücken, bei denen an Stelle der Stützenmauer die bekannten Konstruktionsteile der Brücke treten, fällt der zweite Teil der Fragebeantwortung weg; hier könnte die Entscheidung wohl in kürzester Zeit fallen.

Haben die Versuche die Eignung des Oberbaus einwandfrei ergeben, so wird sich eine Bahnverwaltung die Frage, ob sie die Gleise ihrer wichtigsten Hauptlinien auf den vorgeschlagenen Oberbau umbauen soll, in Anbetracht der bedeutenden Kosten, die ein derartiger Umbau erfordert, wohl ausschliefslich vom Gesichtspunkte der Wirtschaftlichkeit beantworten.

Auf der Ausgabenseite die grofsen Ausgaben für ein Gleis, dessen Kosten mit etwa 80 % höher zu veranschlagen sind, als die Kosten eines Schweroberbaus der heute üblichen Form. Auf der Einnahmenseite zweifellos Ersparnisse bei der Erhaltung des Oberbaus, die im Laufe der Jahre wenigstens einen Teil der gemachten Ausgaben hereinbringen werden. Hierher gehört auch die Wertung der gröfseren Betriebssicherheit, die auch als ersparniswirkend in Erscheinung treten kann. Weiter Ersparnisse bei der Erhaltung der Fahrbetriebsmittel. Es wird wohl niemand bestreiten, dafs die Fahrzeuge bei der Fahrt auf steter elastischer Bahn mehr geschont werden, als auf dem Gleis in der Schotterbettung. Wissen wir überhaupt, ob nicht der heutige Oberbau hemmend auf die Entwicklung der Fahrbetriebsmittel eingewirkt hat? Wird z. B. die Ausrüstung der Fahrbetriebsmittel mit Kugellagern, durch die an Zugkraft erspart wird, auf stofsloser elastischer Bahn nicht leichter möglich sein, als auf dem heutigen Gleis? Auch die Frage einer Erhöhung der Fahrgeschwindigkeit kann vom rein wirtschaftlichen Standpunkte betrachtet werden: Wenn wir die Geschwindigkeit erhöhen, so tun wir es nur dann, wenn wir uns aus der rascheren Beförderung von Menschen und Gütern Vorteile erhoffen. Schon heute bedrängen uns Flugzeug und Automobil, es ist nicht unwahrscheinlich, dafs wir in nicht allzuferner Zeit im Kampfe mit diesen Konkurrenten auf höhere Fahrgeschwindigkeiten übergehen müssen.

Noch eines: Die Fahrt auf der steten elastischen Bahn wird gewifs gleichmäfsiger und geräuschloser vor sich gehen als auf dem heutigen Gleis. Das Reisen auf der Eisenbahn wird angenehmer werden, die Nerven der Reisenden werden mehr geschont als bisher. Dies in Verbindung mit den kürzeren Fahrzeiten wird der Eisenbahn neue Freunde zuführen. Auf das kommt es aber schliefslich an.

Die Oberbautechniker sind im allgemeinen keine Freunde grofser Fahrgeschwindigkeiten. Ich weifs dies und kann ihnen nicht unrecht geben; je besser jemand den Oberbau theoretisch und praktisch beherrscht, um so besser kennt er die Grenzen der Leistungsfähigkeit des heutigen Gleises und wird aus dem Verantwortungsgefühl heraus vor zu grofsen Geschwindigkeiten warnen. Einen Weg anzudeuten, der vielleicht gangbar ist, um wieder freie Bahn zu bekommen, ist dieser Zeilen eigentlicher Sinn.

Ein Gleisbett aus Beton.

Von Geh. Regierungsrat **Wernekke**, Berlin-Zehlendorf.

Die Pere Marquette-Eisenbahn hat in der Nähe von Detroit ein 404,5 m langes Gleisstück so hergestellt, dafs die Schienen unmittelbar auf einer Betonplatte von 3 m Breite und 53 cm Stärke aufliegen. Die Betonplatte ist zwischen den Schienen wagrecht abgeglichen, aufserhalb hat sie ein Gefälle von etwa 1 cm. Während also neben den Schienen das Wasser auf der Oberfläche in den Graben abfliefst, dessen Böschung unter 1:2,5 sich unmittelbar an die Betonplatte anschliefst, sind zwischen den Schienen Entwässerungsrohre von 8 cm Durchmesser eingebaut, die das Oberflächenwasser durch den Beton hindurch nach der Seite abführen. Unmittelbar unter den Schienen liegt je ein Längsträger, dessen Untergurt aus zwei Winkeleisen von 38 mm Schenkellänge, dessen Obergurt aus zwei aufs Hohe gestellten 144 mm breiten und 6 mm starken Flacheisen besteht. Zwischen den beiden unteren Winkeleisen und zwischen den beiden oberen Flacheisen, sie untereinander rechts und links und oben und unten verbindend, stehen U-Eisen von 8 cm Steghöhe, die die Pfosten des Fachwerkträgers bilden. Von aufsen sind an die oberen Flacheisen rechts und links trogförmige Bügel mit der Öffnung nach unten durch Mutterschrauben angeschlossen, auf denen die Schienen mit Klemmplatten und Schrauben befestigt sind. Der Beton ist in der Nähe seiner Oberfläche durch 13 mm starke Rundeisen in 23 cm Abstand, in der Nähe der unteren Fläche durch Rundeisen in 30 cm Abstand, beide quer zur Gleisachse verlaufend, bewehrt. Die unteren Quereisen sind noch durch acht Längseisen verbunden. Unter der oberen Bewehrung liegen noch 19 mm starke Rundeisen in 15 cm Abstand als Abstandhalter für die Träger unter den Schienen; sie sind durch ungefähr unter 1:2 verlaufende Bügel mit der unteren Bewehrung in Verbindung gebracht.

Das Betonbett, das 650 m^3 Beton enthält, besteht aus 34 Tafeln von je 11,9 m Länge. Zu seiner Herstellung wurden zunächst kleine Pfähle in 1,5 m Abstand in den Boden eingeschlagen, auf die die Längsträger unter den Schienen aufgelegt wurden; ihre Querverbindungen wurden angebracht, und die Längsträger wurden genau nach Höhe und Richtung ausgerichtet. Zu diesem Zweck wurden die Bügel, die zur Aufnahme der Schienen vorgesehen sind, durch Winkeleisen von 8 cm Schenkellänge mit vorgebohrten Löchern so verbunden, dafs diese Winkeleisen einstweilen an die Stelle der Fahrschienen traten. Dann wurde die Bewehrung des Betons eingebaut und schliefslich der Beton eingebracht, wobei die richtige Lage der die Schienen ersetzenden Winkeleisen mit Theodolit und Nivellierinstrument überwacht wurde.

Ehe die Schienen aufgebracht wurden, wurden die Flächen, auf die sie zu liegen kamen, mit Kaborundum und Wasser abgerieben und dann mit Asphalt angestrichen. Darüber kamen fünf Schichten eines 3 mm starken Isolierstoffs in 133 mm Breite. Endlich wurden die Schienen aufgeschraubt.

Man könnte zwar unter die Schienen Keile oder Zwischenlagen unterschieben, um sie bei Setzungen der Betonplatte in der richtigen Höhe zu erhalten, man hat aber davon abgesehen und beabsichtigt, wenn die Betonplatten etwa nennenswert wegsacken sollten, die ganzen Platten durch untergesetzte Winden anzuheben und sie dann mit dünnflüssigem Zementmörtel unter Luftdruck zu untergiefsen. Um den Mörtel einpressen zu können, wird die Betonplatte von 32 mm starken Rohren durchdrungen, die, solange sie nicht gebraucht werden, durch eine Verschlufskappe abgedeckt sind.

Der Schiene fällt bei dieser Bauart des Oberbaus eine ganz andere Aufgabe zu als bei ihrer gewöhnlichen Lagerung auf Schwellen. Sie ist kein Träger mehr, sondern dient nur noch zur Führung der Räder; sie mufs also einen Kopf besitzen, der auch nach weitgehender Abnutzung diese Aufgabe noch erfüllen kann, und einen Fufs, der zu ihrer Befestigung auf der Unterlage dienen kann. Statt der sonst üblichen Schiene von 65 kg/m Gewicht wird daher auf dem starren Betonbett eine Schiene verwendet, die bei 9 cm Höhe nur 30 kg/m wiegt.

Der Entwurf des vorstehend beschriebenen Gleisbetts beruht auf der Erwägung, dafs die allgemein übliche Lagerung des Oberbaus auf einem Schotterbett den Anforderungen des heutigen Eisenbahnverkehrs mit seinen grofsen Lasten, die infolge der Schnelligkeit ihrer Bewegung auch noch heftige Stöfse auf das Gleis übertragen, und der häufigen Wiederholung der Belastung nicht mehr gewachsen ist. Das heutige allgemein übliche Gleis weicht von der Bauart, die schon in der ersten Zeit des neuzeitlichen Eisenbahnwesens entwickelt worden ist, nur wenig ab. Man verwendet zwar heute stärkere Schienen, legt die Schwellen enger, befestigt die Schienen besser auf ihnen und hat auch das Steinbett verstärkt, aber die Gesamtanordnung ist dieselbe geblieben. Die Belastungsverhältnisse gegenüber einer Lokomotive von 5 t Gewicht mit 2 Achsen durch eine heutige Lokomotive der Achsanordnung 2.E.1 von 207 t Gewicht, wovon 154 t auf die Triebräder entfallen, — Lokomotive Nr. 1 und Nr. 60000 der Baldwin-Lokomotivwerke — bedeuten einen so erheblichen Unterschied, dafs man grundlegend von der bisherigen Anordnung abweichen müfste. Es sind in den Vereinigten Staaten schon Vorschläge und Versuche auf diesem Gebiete gemacht worden und der neueste ist der vorstehend beschriebene des jetzigen Präsidenten und früheren Oberingenieurs Alfred der Pere Marquette-Eisenbahn.

Ein Gleis auf Betonbettung wäre freilich sehr teuer. Die Herstellungskosten werden zu 48760 Dollar für eine Meile (127260 ℳ/km) angegeben, und es müfsten diesen Kosten schon sehr erhebliche Ersparnisse an Unterhaltungsarbeiten und sonstige Vorteile gegenüberstehen, wenn ihre Aufwendung sich lohnen soll. Es wird behauptet, dafs dies der Fall sei. Nicht die Gleisunterhaltung erfordert weniger Arbeit, sondern auch die Betriebsmittel werden geschont, und der Laufwiderstand der Fahrzeuge wird geringer, so dafs auch an Kosten für die Zugkraft gespart wird. Ob sich aber aus der geringen Elastizität des Gleises nicht auch Übelstände ergeben, kann mindestens zweifelhaft sein.

Der Einbau einer solchen Betongleisbettung hat erhebliche Schwierigkeiten. Er kommt nur in Frage für eine Strecke mit sehr starkem Verkehr, und das Gleis, unter das der Beton eingebaut werden soll, mufs längere Zeit vom Betriebe frei gemacht werden. Das wäre bei einer eingleisigen Strecke mit einigermafsen nennenswertem Verkehr ausgeschlossen und bei einer zweigleisigen nur mit sehr erheblichen Betriebserschwernissen möglich. Man könnte zwar die Bauzeit dadurch abkürzen, dafs man die Betonkörper fern von der Baustelle fabrikmäfsig herstellt, sie haben dann aber auf dem Untergrund nicht die satte Auflage, wie wenn der Beton in bildsamem Zustand eingebracht wird, und es ist dann auch schwieriger, die Oberfläche der Platten in eine Ebene zu bringen.

Es lassen sich also gegen ein starres Gleisbett der beschriebenen Art sehr erhebliche Bedenken geltend machen, und wenn man wirklich in gröfserem Umfang von der heute allgemein üblichen Bauart der Gleise für schwere und schnell bewegte Lasten abgehen will, so müfste es wohl auf einem anderen Wege geschehen, als auf dem, den die Pere Marquette-Eisenbahn vorgezeichnet hat. Immerhin ist es aber wertvoll, solche Bestrebungen kennen zu lernen, sei es auch nur, um sie, wenn auch unter Anerkennung gewisser ihnen zugrunde liegender richtiger Gedanken, als Vorbild abzulehnen.

Stemmlasche gegen das Wandern der Schienen.

Von Oberingenieur **L. Lubimoff**, Moskau.

Hierzu Abb. 1 und 2 auf Tafel 24.

Diese Stemmlasche besteht (s. Abb. 1 und 2, Taf. 24) aus zwei Gufsblechplatten von je 6 mm Dicke, 210 mm Breite und 800 mm Länge. Auf einer der Platten sind am Rande mit sechs Nieten von 6,4 mm Durchmesser zwei schmale Gufsblechplatten a und a_1, Länge 800 mm, Breite 45 mm und Dicke 6 mm befestigt, die eine Nute bilden, in die die andere Platte eingeschoben werden kann.

An beiden Platten sind mit fünf Nieten von 9,5 mm Durchmesser schmiedeeiserne Flacheisen b b_1 von der Länge 800 mm, Breite 60 mm und Dicke 12 mm angenietet, die an ihrem oberen Teile krallenartig umgebogen sind. Die wagrechten Schenkel dieser Krallen sind mit zwei Bolzenlöchern versehen, die nach Abstand und Weite den Stofslaschen entsprechen. Zwei um ein weniges (24 mm) verlängerte Laschenbolzen bilden also zugleich die Befestigung der Stemmlasche.

Die eben beschriebene Stemmlasche wird folgendermafsen angewendet: an solchen Punkten des Gleises, wo ein stärkeres Wandern der Schienen zu beobachten ist, wird das Gleis zunächst peinlich in Ordnung gebracht; dann werden je nach der Gröfse des beobachteten Wanderschubs entweder in jedem Schienenstofse oder in jedem zweiten oder auch erst in jedem dritten Stemmlaschen angebracht.

Hierzu werden zwei Laschenbolzen ausgeschraubt und beide Halbplatten der Stemmlasche in die Bettung niedergetrieben. Mit leichten Hammerschlägen wird die randlose Platte in den Nutenrand der anderen eingeschoben und unmittelbar darnach mittelst der oben erwähnten verlängerten Laschenbolzen an die Doppelwinkellaschen und damit an die Schiene festgeschraubt.

Wenn die Bettung zu sehr festgedrückt ist oder aus Schotter besteht und das Eintreiben der beiden Platten nicht möglich wird, so gräbt man zwischen den Schwellen einen schmalen Schlitz aus und vereinigt darin die beiden Platten, wie oben beschrieben. Selbstverständlich mufs darauf der Schlitz wieder verfüllt und ausgestampft werden und die Bettung wieder regelrecht hergestellt werden.

Als Vorteile jener Stemmlasche können folgende geltend gemacht werden:

1. Sie kann von jeder Eisenbahnverwaltung aus Abfallstoffen angefertigt werden, die in jeder Werkstatt verfügbar sind.

2. Die Anbringung geschieht nur im Schienenstofse und nicht irgendwo in der Mitte des Schienenstranges; folglich werden die Schienen nicht durch neue Löcher geschwächt, die leicht die Ursache gefährlicher Schienenbrüche werden können.

3. Die Stemmlasche behindert das Stopfen der Schwellen nicht und beansprucht auch sonst das Schwellenlager nicht.

Die Stemmlasche hat sich auf einer Versuchsstrecke der russischen Eisenbahn Moskau—Nischny unter folgenden Umständen recht gut bewährt:

Die 1,0 km lange Versuchsstrecke lag auf einer sehr stark befahrenen zweigleisigen Strecke zwischen den Stationen Kouskowo und Obiralowka in Neigung 1 : 250 (4 $^0/_{00}$) und im Bogen von 1000 m Halbmesser. Wegen der Notwendigkeit, an einer Zwischenhaltestelle anzuhalten, wird auf dieser Probestrecke stark gebremst. Die Schienenwanderung betrug daher vom 15. Mai bis 15. September eines Jahres bis 300 mm. Das ganze Gleis wurde nun sorgfältig in Ordnung gebracht und auf eine Hälfte des Versuchskilometers mit 22 Stemmlaschen in jedem zweiten Stofse ausgerüstet, während auf der anderen Hälfte die üblichen Winkellaschen (mit vier Bolzen) belassen wurden.

Die Prüfung ergab, dafs im Laufe von weiteren sechs Monaten auf der ersten Hälfte des Kilometers keine bemerkenswerte Schienenwanderung zu beobachten war, während auf der anderen Hälfte die Wanderung fast in voller Gröfse wieder aufgetreten ist.

Sollte es für nützlich gehalten werden, die beschriebene Stemmlasche auch auf deutschen Eisenbahnen zu erproben, so würde der Verfasser das nur begrüfsen.

Gleisbau auf gefrorenen Flüssen und Seen.

Von Oberingenieur **L. Lubimoff**, Moskau.

Hierzu Abb. 3 bis 7 auf Tafel 24.

Die folgende Darstellung betrifft eine wichtige Frage des Gleisbaues in nördlich liegenden Gegenden, wo die Wintertemperaturen nach Tiefe und Dauer gröfseren Umfang besitzen. Für einstweilige Übergänge über eingefrorene Flüsse, allgemein über gröfsere oder kleinere Wasserebenen, bietet eine unmittelbare Gleisverlegung auf dem Eise ein sehr wirksames Mittel, die Beförderung einzelner Eisenbahnwagen wie auch ganzer Züge zu ermöglichen.

In den letzten 20 Jahren sind solche Gleislegungen im nördlichen Rufsland ziemlich oft mit vollem Erfolge angewendet worden und geben deshalb Anlafs, einige Beschlüsse über die Grundregeln solcher Gleisbauten und über die wichtigsten Eigenschaften und das Verhalten des Eises mitzuteilen.

Die ersten Versuche, in Rufsland, unmittelbar auf dem Eise Gleise zu verlegen, gehen bis auf das Jahr 1892 zurück, wo ein solcher Bau auf dem Wolgaflusse unweit der Stadt Swijajsk bei Kazan ausgeführt worden ist, um auf der damals neugebauten Eisenbahnlinie Moskau — Kazan vorläufig einen Notbetrieb einzurichten, solange die als Wolgaübergang vorgesehene Brücke noch nicht fertiggestellt war.

Eine weitere Gleislegung auf dem Eise desselben Flusses erfolgte im Jahre 1895 bei Saratow im Zuge der Rjazan—Ural Bahn. Dann entstand ein solcher Bau im Jahre 1903 über die Nord-Düna bei Archangelsk auf der Moskau—Archangelsk-Bahn. Im folgenden Jahre (1904) wurde die längste Gleislegung in Rufsland in 62 km Länge auf dem Eise des grofsen Baikal-Sees in Sibirien durchgeführt, hierbei wurden auf einer 1,0 bis 1,5 m dicken Eisdecke ganze Züge mit leichten Lokomotiven über den genannten See befördert.

Ebenso wurden auch leichte Lokomotiven und ganze Züge von 15 Wagen bei einer Dicke des Eises von 1 m über den Irtischflufs überführt, und endlich, eine Gleislegung von beinahe 10 km Länge auf dem Eise des Kolaflusses beim Bau der Murmanbahn vollführt.

Die ersten praktischen Beobachtungen über die mafsgebenden Umstände für Gleislegen auf dem Eise wurden zuerst im Winter des Jahres 1915 bis 1916 von Ingenieur Katansky bei dem Gleisbau auf dem Eise bei Ssaratow auf dem Wolgaflusse durchgeführt; er hat für die Eisdecke eine Widerstandfestigkeit von ca. 63,5 kg/cm² auf Druck und von 15 kg/cm² auf Zug ermittelt.

Beobachtungen über den Vorgang der Formänderung der Eisdecke beim Durchfahren einzelner Wagen und ganzer Züge wurden mit dem Durchbiegungsmesser von Fränkel, der gewöhn-

lich bei Brückenprüfungen angewendet wird, angestellt. Das Instrument wurde längs der Gleisachse über einem Loche im Eise auf einem hölzernen Rahmen befestigt; dieser hatte die Form eines π und man liefs ihn im Eise festfrieren. Das zu dem Instrument gehörige Gewicht wurde durch das Loch bis auf den Grund des Flusses hinabgelassen und mittels eines Drahtes mit der Trommel des Schreibwerks verbunden. Der obere Teil des Rahmens befand sich zwischen den Schwellen und ragte bei einer Höhe von 60 cm nicht über Schienenoberkante des Gleises, so dafs die Wagen ganz ungehindert über das Instrument sich bewegen konnten, das sich mit der Eisdecke senkte und eine ganz genaue Aufzeichnung der Einbiegung des Eises ergab.

Endlich wurde im Winter des Jahres 1921 eine Reihe von sehr genauen Beobachtungen über den Gleisbau auf eingefrorenen Flüssen von Ingenieur Sergeeff bei Ssaratoff, wieder auf der Wolga, durchgeführt.

Die Hauptergebnisse jener Beobachtungen sind folgende:

1. Die mechanischen Eigenschaften des Eises sind ziemlich schwankend, da die Druckfestigkeit von 30 bis 75 kg/cm^2, die Zugfestigkeit von 4,5 bis 18 kg/cm^2 wechseln kann. Im Mittel ergibt sich eine Druckfestigkeit von 53 kg/cm^2 und eine Zugfestigkeit von 11,5 kg/cm^2. Die Elastizitätszahl kann auf $E = 9000\ kg/cm^2$ angesetzt werden. Im ganzen beträgt also die Festigkeit des Eises etwa $^1/_{10}$ von der des Holzes und nähert sich derjenigen eines guten Kalkmörtels (15 kg/cm^2).

2. Die Biegsamkeit des Eises unter dem Gewichte der Wagen und Lokomotiven hat zur Folge, dafs das Eis ein Wasservolumen verdrängt, das jenem Gewichte entspricht und eine Art halbzylindrischen Gefäfses (einem Schiffe ähnlich) bildet, das in seiner Höhlung das Gewicht trägt. Dabei ist die Fläche, auf welche sich die Wirkung des Gewichtes erstreckt, im Vergleich mit der Länge des Wagens oder der Lokomotive so grofs, dafs zwei oder mehrere gekuppelte Wagen ihre Wirkungen summieren, so dafs sich die Verbiegungen des Eises und damit die inneren Spannungen sich im Verhältnis zum Gesamtgewicht vergröfsern.

Wenn man annimmt, dafs die Eisdecke unter dem Gewichte der Wagen sich nach einer kugelförmigen Oberfläche biegt, so wird das Volumen des verdrängten, ausgeprefsten Wassers dem Volumen eines Kugelsegments von der Höhe F bei einem Halbdurchmesser des Segments = R durch die Formel

$$V = \frac{1}{6} \pi F [3 R^2 + F^2]$$

dargestellt (Abb. 3, Taf. 24).

3. Die Biegungsform einer Eisdecke unter der Wirkung des Gewichtes von Wagen und Lokomotiven kann durch eine Gleichung einer elastischen Linie von der Gestalt

$$y = \frac{P}{8 E J} \cdot \frac{1}{\alpha^3} e^{-\alpha x} [\cos \alpha x + \sin \alpha x] \quad \ldots \quad 1)$$

dargestellt werden (Abb. 4, Taf. 24).

Hier bezeichnet: y als Ordinate die Höhe der Verbiegungen, P den Druck auf 1 cm^2 an der unteren Tragfläche des Eisens. Ferner ist

$$\alpha = \sqrt[4]{\frac{\varkappa}{4 E J}}$$

und hierin $\varkappa$ das Gewicht des Wassers (0,001 kg/cm^3), x als Abszisse der Abstand des betrachteten Punktes der Eisdecke von dem Druckmittelpunkte, wo der Druck der Fahrzeuge am stärksten wirkt.

Die Länge der Biegungswelle kann, wenn man für die Breite der an der Einsenkung teilnehmenden Fläche der Eisdecke einen mittleren Wert ansetzt, durch folgende Formel dargestellt werden

$$2 L = \frac{2\pi}{\alpha} = 2\pi \sqrt[4]{\frac{4 E J}{\varkappa}} \quad \ldots \ldots \quad 2),$$

wobei $J = \frac{b h^3}{12}$ das Trägheitsmoment für die durchschnittliche Breite b des Druckstreifens und h die Dicke der Eisdecke ist.

Die gröfste Einbiegung der Eisdecke wird durch die Formel

$$F = \frac{P}{8 E J} \cdot \frac{1}{\alpha^3} = \frac{P \alpha}{2 \varkappa} \quad \ldots \ldots \quad 3)$$

bezeichnet.

4. Die gröfste Einbiegung für eine 75 cm dicke Eisdecke wurde gemessen:

für einen einzelnen Wagen . . . . zu 6 bis 8 mm,
für zwei Wagen . . . . zu 10 bis 12 mm,
für einen ganzen Zug aus 28 leeren Kesselwagen bestehend . . . . . zu 45 mm.

5. Das Eis arbeitet nicht ganz elastisch. Seine Formänderung wird durch die Dauer des Druckes stark beeinflufst. So z. B. entstehen und verschwinden beim Durchgange der Wagen die Verbiegungen nur sehr langsam.

6. Die Zeit, während deren die Gewichte einwirken, hat einen beträchtlichen Einflufs, da mit der Zeit die Verbiegungen sich vergröfsern und am Schlufs einer Tagesbetriebszeit eine geradezu gefährliche Gröfse erreichen können.

7. Bei der dynamischen Wirkung schnell bewegter Fahrzeuge erreichen die Verbiegungen der Eisdecke nicht ganz jene Gröfse, die sich bei statischem Drucke derselben Last einstellen würde. Es wird nämlich der gröfste Teil der Arbeit dazu verbraucht, den Widerstand des Wassers zu überwinden, das vom einsinkenden Eise herausgeprefst wird und eine seiner Menge entsprechende Beschleunigungen annehmen mufs.

8. Bei einer Dicke der Eisdecke von etwa 75 cm verbreiten sich die Durchbiegungen längs dem Gleise auf etwa 60 bis 70 m und quer dazu über 25 m von der Mitte des Gleises.

9. Eislücken in der Eisdecke von Flüssen und Seen werden durch Temperaturspannungen erzeugt. So z. B. zieht sich 1 km Eisdecke um mehr als 0,75 m zusammen, wenn die Temperatur von — 5° C bis — 20° C sinkt. Diese Erscheinung kann auf grofsen Eisflächen Einrisse verursachen.

Deshalb ist es ratsam, beiderseits eines auf Eis verlegten Gleises in einiger Entfernung vom Gleise eine Reihe von Löchern in dem Eise anzubringen, um einer entstehenden »Temperaturfuge« eine zweckmäfsige Lage zu sichern.

Ähnliche Lücken bestehen immer in der Natur an den Ufern von Flüssen, so dafs das Eis von grofsen Beanspruchungen quer zur Flufsrichtung bewahrt ist.

10. Die geringste Dicke der Eisdecke, bei der die Durchfahrt von Fahrzeugen noch gestattet werden kann, beträgt: Für beladene Wagen 20 cm; für leichte Lokomotiven 70 cm; für ganze Züge von 10 bis 15 beladenen Wagen, gezogen von einer leichten Lokomotive 75 cm bis 2,0 m.

11. Die hölzerne Unterlagskonstruktion des Gleises kann den Druck der Wagen nur auf eine verhältnismäfsig kleine Breite der Eisdecke übertragen. Sie bezweckt dabei, die örtlichen Anstrengungen im Eise zu ermäfsigen, eine gleichmäfsigere Druckverteilung herbeizuführen und die dynamischen Stöfse der bewegten Fahrzeuge abzumildern.

Die hauptsächlichen Arten der Unterlagskonstruktionen bestehen aus folgenden Regelbauweisen;

a) Es werden Querhölzer abwechselnd 6 bis 8 m lang, 22 cm Durchmesser unmittelbar auf die Eisdecke gelegt (Abb. 5, Taf. 24).

b) Gewöhnliche Schwellen werden auf zwei Längsklötzen von 22 bis 28 cm Durchmesser, die unter beiden Schienen angebracht werden, befestigt; diese werden ihrerseits auf Querklötzen von demselben Durchmesser in Abständen von 0,7 bis 1,2 m aufgelagert (Abb. 6, Taf. 24).

c) Manchmal hat man Holzkonstruktionen der vorbeschriebenen Art in der unteren Reihe der Querklötze mit Wasser

begossen; dieses friert sogleich ein und bildet eine feste Rahmenverbindung.

d) Eine eigentümliche Art von Gleisunterbau wurde auf dem sehr reifsenden Gebirgsflusse Kola bei dem Bau der Murmanbahn angewendet. In einem Abstande von je 2 m längs der Gleisachse wurden in die Eisdecke Löcher gebrochen, durch die Holzbalken bis zum Grunde des Flusses mit dem dickeren Ende nach unten senkrecht eingestellt wurden. (Länge der Balken 6 m, Durchmesser 58 cm). Die Lücken zwischen dem Rande der Löcher und den Balken wurden mit zerkleinertem Eise gefüllt und mit Schnee fest eingestampft. Von den so eingestellten Holzbalken wurden die über das Eis herausragenden Köpfe bündig mit der Eisdecke abgesägt und Querbalken wechselnd 8 bis 10 m lang auf jenen abgesägten Enden befestigt. Der ganze Raum zwischen der Eisdecke und den Querbalken wurde mit dürren Holzästen und Schnee gefüllt, eingestampft und mit Wasser begossen. Nachdem die so zubereitete Fläche gänzlich eingefroren war, wurden die Schwellen darauf verlegt; die Zwischenräume zwischen den Schwellen wurden gleichfalls mit Schnee gefüllt, ausgestopft und mit Wasser begossen.

Sehr wichtig ist es, einen zweckmäfsigen Übergang zwischen dem Gleis auf dem Eise und jenem auf dem festen Boden zu bilden, besonders wenn die Wasserhöhe sich verändert.

Am einfachsten ist eine Bauart des Übergangs, die 20 Jahre lang auf der Wolga bei der Stadt Swijasck angewendet worden ist.

Sie besteht aus einer Aufschüttung von dürren Baumzweigen, die vom Ufer in den Flufs hinabsteigt, wobei die Eisenbahnwagen auf das Eis in solchen Punkten der Aufschüttung übergehen, wo die Tiefe des Wassers mindestens 2 m beträgt.

Bei mehr oder weniger gleichbleibendem Wasserstande können gerammte Pfahljoche nach Abb. 7, Taf. 24 als Übergang dienen, obgleich sie beständige Aufsicht und öfters einen Höhenausgleich erfordern. Wenn das Wasser steigt, müssen nämlich die Pfahljoche aufgehöht werden, bei fallendem Wasserstande müssen sie weiter in den Flufs vorgetrieben werden.

Das Übergangsgleis soll keine gröfsere Steigung als 25 $^0/_{00}$ erhalten.

Die Überführung der Eisenbahnwagen über die Eisoberfläche geschieht am zweckmäfsigsten mittels Pferdegespannen aus drei Pferden, die längs dem Gleis laufen und die Wagen mittels eines dicken Drahtes nach sich ziehen. Mufs das Gleis in einem Bogen gelegt werden, so müssen die Pferde auf der Aufsenseite der Krümmung geführt werden. Der ganze Übergang mufs nachts durch elektrisches Licht oder Kerosinprefsluftlaternen erleuchtet werden.

Aus amtlichen Erlassen der Vereinsverwaltungen.

Vorläufige Bestimmungen für Holztragwerke*).

Durch Verfügung der Hauptverwaltung der Deutschen Reichsbahn-Gesellschaft vom Dezember 1926 wurden vorläufige Bestimmungen für Holztragwerke eingeführt, die für Brücken, Hochbauten, Lehrgerüste für Brücken aus Holz, Stein, Eisenbeton und Eisen und für wichtige Baugerüste gelten.

In ihrem ersten Hauptteil sind die allgemeinen Bedingungen für Lieferung, Abnahme und Aufstellung von Holztragwerken festgelegt. Es werden im einzelnen behandelt die Beschaffenheit des Holzes, der Holzbedarf mit Holzprüfung, Versand, Prüfung und Aufstellung der Bauglieder mit Angaben über Abnahme und Belastungsversuche, die Zeichnungen und Berechnungen mit Angaben über Verdingungsunterlagen. Im zweiten Hauptteil sind die technischen Vorschriften für das Entwerfen und Berechnen von Holztragwerken enthalten und zwar zunächst Angaben über Querschnittsabmessungen, dann Bestimmungen über die Belastungsannahmen, die zulässigen Spannungen, die Querschnittsermittlung, die Verbindungsmittel und die Einzelheiten der Ausführung.

Das Fehlen behördlicher Bestimmungen über die Ausführung von Holztragwerken, das sich in den letzten Jahren in der Baupraxis bei der weitgehende Verwendung von Holz als Baustoff besonders fühlbar gemacht hat, ist durch diese Mafsnahme der Deutschen Reichsbahn-Gesellschaft beseitigt worden. Die Bestimmungen sind vorläufige, da sich in ihrer Anwendung und durch weitere Erfahrungen notwendige Änderungen und Ergänzungen ergeben können.

M.

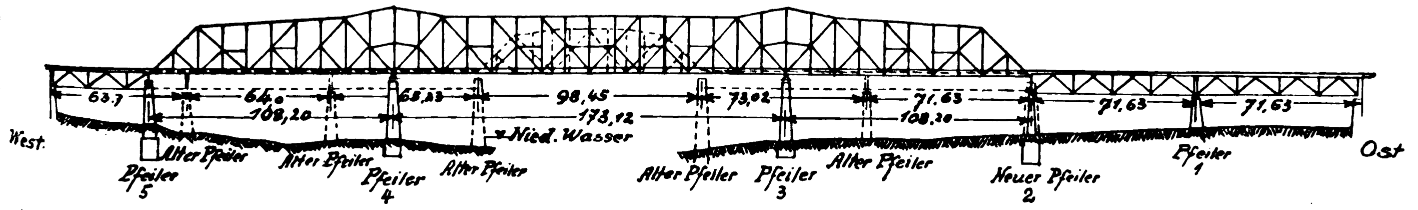
*) Im Buchhandel erschienen: Berlin 1926. Verlag von Wilhelm Ernst u. Sohn.

Berichte.

Bahnunterbau, Brücken und Tunnel; Bahnoberbau.

Erneuerung der Eisenbahnbrücke über den Ohio bei Steubenville.

Die im Jahre 1868 gebaute zweigleisige Eisenbahnbrücke über den Ohio bei Steubenville wurde bisher wegen der immer mehr zunehmenden Verkehrsbelastungen immer wieder verstärkt. Die Eisenkonstruktion wurde bereits 1888 auf den bestehenden Pfeilern vorzunehmen. Es wurde daher die ganze Brücke vom Pfeiler 2 (alt) bis 17,20 m über den Pleiler 7 (alt) hinaus vollständig neugebaut. Die neue Einteilung der Brückenöffnungen geht aus der Abbildung hervor. Die westliche Endöffnung wurde verkürzt, die beiden östlichen Endöffnungen wurden in ihrer alten Form belassen. Die



vollständig erneuert. 1908 und 1909 wurde die Öffnung mit 63,70 m und die beiden Öffnungen mit je 71,63 m durch neue Tragkonstruktionen verstärkt, während die übrigen Öffnungen aufser der Mittelöffnung aus dem gewonnenen Material zur Verstärkung Mittelträger erhielten.

Die immer noch weiter zunehmende Verkehrsbelastung und die Belange der Schiffahrt zwangen schliefslich dazu die Brücke zu erneuern und eine gänzlich neue Anordnung der Gesamtanlage Länge der neuen Konstruktion beträgt 389,52 m. Während der neue Pfeiler 2 an die Stelle des alten Pfeilers 2 zu stehen kam, mufsten die übrigen Pfeiler an neu zu bestimmenden Punkten gebaut werden. Die alten Pfeiler waren mit Holzrosten auf Sand gegründet und für die neue Konstruktion nicht lange genug. Die Erbauung des neuen Pfeilers 2 an Stelle des alten gehörte zu den gröfsten Schwierigkeiten des ganzen Umbaues.



Der neue Überbau ist ein über drei Öffnungen durchlaufendes Tragwerk, dessen Hauptträger 11,43 m Abstand von einander haben. Die Höhe der Träger an den Portalen ist 20,42 m, über den Pfeilern 28,96 m. Die vier neu zu bauenden Pfeiler, die auf blauem Tonschiefer gegründet sind, bestehen aus Beton und haben von Schienenoberkante gerechnet Höhen zwischen 38,71 m und 40,84 m. Sie sind mit kreuzweiser Armierung versehen; die Bewehrungseisen mit 25 mm Durchmesser haben senkrecht und wagrecht je 0,61 m Abstand. Die Gründung erfolgte mit Prefsluft. Zu diesem Zwecke wurden Caissons abgesenkt, die bei den Pfeilern 3 und 4 10,36 m hoch, 8,84 m breit und 24,08 m lang, bei den Pfeilern 2 und 5 7,07 m breit und 21,03 m lang waren. Die Caissons bei Pfeiler 2, 3 und 4 waren aus Stahl, der bei Pfeiler 5 aus Eisenbeton.

Die gröfsten Schwierigkeiten verursachte die Ausführung des Pfeilers 2, da hier zuerst der alte Pfeiler abgetragen werden mufste. Zur Unterstützung der vorhandenen Brückenkonstruktion mufste ein besonderes Gerüst gebaut werden. Da dieses Gerüst die Brücke selbst und die ganze Verkehrslast zu tragen hatte, durfte es durch die Absenkung des Caissons in keiner Weise beeinflufst werden. Zu diesem Zwecke mufsten 256 Pfähle von je 12,95 m Länge durch Sand und Kies bis auf den gewachsenen Felsen gerammt werden.

Bei der Montage des neuen Tragwerkes war es wegen der beschränkten Tragfähigkeit der alten Brücke ausgeschlossen, diese für die Belastung durch die neue Brücke (Aufhängung) in Anspruch zu nehmen. Der starke Zugverkehr gestattete nur in ganz geringem Mafse die Benützung der Brückengleise für Montagezwecke. Die Wassertiefe und die Belange der Schiffahrt beschränkten die Möglichkeit der Verwendung eines Lehrgerüstes Es wurde daher die Hauptöffnung mit 173,12 m Stützweite durch Vorkragen unter Verwendung von Dampf- und Laufkranen gebaut. Die lichte Breite der neuen Konstruktion und die Anordnung der Querverbindungen war so gewählt, dafs sie ohne Beeinträchtigung der alten Brücke aufgestellt werden konnten.

Nachdem die Auflagerung der Gleise auf die neue Konstruktion durchgeführt war, wurde die alte Brücke unter Aufrechterhaltung des vollen Betriebes abgebrochen. Wa.

(Railway Age 1927, Heft 18, S. 1050.)

Schweifsen von Schienenstöfsen in Amerika.

Zur Erzielung ruhigen Laufes der Fahrzeuge wurden in Amerika heruntergehämmerte Stöfse in den letzten Jahren in grofsem Umfang durch Schweifsen wiederhergestellt, was sich nach einem Bericht in Railway Age (1926. 2. Hälfte. Heft 12) technisch und wirtschaftlich gut bewährt hat. Die Hauptursache für die Erneuerung der Gleise ist ja, wenn nicht gesteigerter Betrieb und erhöhte Achslasten ein schwereres Gleis verlangen, die Abnützung der Stöfse. Aufser dem Schweifsen der Stöfse kommt die Verbesserung durch Absägen der abgenützten Schienenenden oder durch Auffrischen der Schienen in Betracht. Jede der beiden letzteren Verbesserungsarten erfordert aber den Ausbau der betreffenden Schienen, ihren Transport zum und vom Eisenwerk und Materialverlust, wozu noch die eigentlichen Kosten für das Absägen oder Auffrischen kommen. Die Eisenbahngesellschaften, welche diese Arbeitsverfahren anwenden, wurden veranlafst, sich über ihre Erfahrungen und über die Ausdehnung der Verfahren zu äufsern. Es ergab sich, dafs bei 44 Gesellschaften mit zusammen 283 000 km Streckenlänge bis zum Berichtstag rund 2200 000 Stöfse mit einem durchschnittlichen Kostenaufwand von 6,20 ℳ/Stofs instand gesetzt wurden.

Die Schienenschweifsung reicht in Amerika bis zum Jahr 1913, wo sie zunächst an Herzstücken angewendet wurde, zurück. Die Anwendung zur Instandsetzung von Stöfsen wurde durch die Notwendigkeit von Arbeitereinsparungen im Kriegsjahr 1917 veranlafst. Da sie sich als sehr vorteilhaft erwies, nahm sie rasch an Ausdehnung zu. Anfangs wurden vielfach Zweifel laut wegen der Sicherheit der auf diesem Wege verbesserten Stöfse, da man annahm, dafs die notwendige Erhitzung der Schienen das Gefüge des Materials ungünstig beeinflussen könnte. Die sorgfältige Beobachtung der geschweifsten Stöfse verbunden mit Untersuchungen in Versuchsanstalten hat gezeigt, dafs die Befürchtungen unbegründet sind, wenn die Schweifsung richtig und sachgemäfs vorgenommen wird. Im gleichen Sinne äufserten sich auch die grofsen Eisenbahngesellschaften.

Für die Durchführung der Schweifsungen wurde das Sauerstoff-Azetylen-Verfahren angewendet; nur zwei Gesellschaften schweifsen elektrisch. So verwendet z. B. die Süd-Pacific-Gesellschaft fahrbare elektrische Schweifsapparate.

Die Kosten schwanken in sehr weiten Grenzen zwischen 4,20 ℳ und 12,00 ℳ (in Ausnahmefällen). Wenn die Kosten einer Schweifsung den Betrag von rund 10 ℳ übersteigen, erscheint das Auswechseln der Schienen vorzuziehen. Die Kosten hängen in hohem Mafse von dem Umfang ab, in dem die Schweifsungen vorgenommen werden. Bei den Gesellschaften, die das Schweifsverfahren sehr ausgedehnt anwenden, schwanken daher die Kosten zwischen 4,20 ℳ und 7,30 ℳ. Alle Gesellschaften äufsern sich sehr befriedigt über das Verfahren, da der Zuglauf ein sehr ruhiger ist und eine merkliche Zunahme der Lebensdauer des Schienenmaterials festzustellen ist. Die Zahl der Brüche an geschweifsten Stöfsen blieb bisher unter 1% der Schweifsstellen. Wa.

Oberflächenhärtung der Schienen durch Betriebseinflüsse.

Im Bahnhof Grisolle zwischen Toulouse und Montauban brach am 8. November 1908 eine Schiene bei Durchfahrt eines Zuges in 21 Stücke, wodurch der Zug entgleiste. Bei der Schwere des Unfalls wurde die Untersuchung der Ursachen einer besonderen Kommission übertragen: das Schienenmaterial war gesund und von vorschriftsmäfsiger Zusammensetzung. Die Doppelkopfschienen waren sehr wenig abgenützt, obwohl sie bereits 25 Jahre in dem sehr stark befahrenen Gleis lagen. Die Schienenlauffläche zeigte an der Innenseite auffallende Härte. Die harte Fläche war bedeckt mit zahlreichen Querrissen, die z. T. tief in das Schieneninnere eingedrungen waren. Die Schienen trugen auch zahlreiche Schleifspuren der Triebachsen der Lokomotiven. Die Sachverständigen nahmen an, dafs die Risse dem Vorhandensein der gehärteten Schicht zuzuschreiben seien, die weniger dehnungsfähig ist als das darunter befindliche Schienenmaterial. Es wurde vermutet, dafs die Härtung auf mechanischem Wege durch das Schleifen der Räder eingetreten sei. Andere Sachverständige erklärten, dafs es sich um eine plötzliche starke Erwärmung (über 850 Grad) und darauffolgende plötzliche Abkühlung oder durch eine ganz örtliche starke Erhitzung handle, während die benachbarten Schienenteile ihre Temperatur beibehielten. Dies wäre durch Schleudern der Räder begründet.

Zwei weitere derartige Unfälle im Jahre 1925 auf dem Gebiete der Orleansbahn gaben erneut Anstofs, dem Studium der Frage Aufmerksamkeit zu widmen.

Nachdem die Schienenoberfläche beim Befahren durch einen Zug in raschem Wechsel auf Zug und Druck beansprucht wird, die gehärtete Schicht aber weniger dehnungsfähig ist als die übrige Schiene, kann bei solchen Schienen ein plötzlicher Bruch erfolgen. Da bei der mechanischen Härtung die Härtung des Materials gegen das Schieneninnere allmählich abnimmt, bei der Härtung durch plötzliche Erhitzung aber ein plötzlicher Übergang zwischen gehärteter und ungehärteter Schicht wahrzunehmen ist, ist die Auswirkung der Härtung durch Erwärmung die gefährlichere.

Um die hierdurch entstehenden Brüche zu vermeiden, wären die Entstehungsgründe nach Möglichkeit herabzumindern. So wäre z. B. beim Übergang von zweigleisigem auf eingleisigen Betrieb das Anhalten durch Langsamfahrt zu ersetzen. Die durchgehende Bremsung der Güterzüge bringt eine Besserung, da das Schleifen der Räder aufhört und die Anwendung von Gegendampf nicht nötig ist. Gerade hierdurch wird meist die Härtung auf mechanischem Wege hervorgerufen. Ein weiteres Mittel wäre nach der Quelle die Erhöhung der Reibungsgewichte der Maschinen entsprechend der Zugbelastung.

In den kurzen Strecken, in denen Härtungen wahrzunehmen sind (Anfahrstellen von Zügen), könnten die Schienen mit durchlaufender Unterlage verlegt werden. In der Praxis wurden schon U-Eisen hierfür verwendet. Wenn auch hierdurch der Härtung selbst nicht entgegengearbeitet werden kann, so wäre doch die Auswirkung eines Schienenbruches viel weniger gefährlich. Auf der freien Strecke könnte dieses Mittel wegen der Erschwerungen in der Unterhaltung kaum Anwendung finden. Wa.

(Revue générale des chemins de fer 1926, Heft 5, S. 370.)



Betrieb in technischer Beziehung, Signalwesen.

Selbsttätige Bremsvorrichtung von Miller für Lokomotiven.

Unter dieser Überschrift ist in Heft 3, Seite 56, dieser Zeitschrift die Beschreibung einer induktiven Zugbeeinflussung, Bauart Miller (U. S. A.), gegeben, die bei dem überwiegend fachlich eingestellten Leserkreis doch einer Ergänzung bedarf.

Bekanntlich ist den amerikanischen Eisenbahngesellschaften durch staatliche Verordnung aufgegeben, Zugbeeinflussungen in einer befristeten Zeit einzuführen. Unter diesem Zwang hat sich natürlich bei den betroffenen 44 Eisenbahngesellschaften eine sehr eingehende Versuchstätigkeit entwickelt, von der man heute nur sagen kann, dafs sie trotz der fünf Jahre, die bereits seit Erlafs der ersten Verordnung verstrichen sind, noch nicht abgeschlossen ist. Jedenfalls sind aber in dieser Zeit sehr wertvolle Erfahrungen gesammelt worden, die zu verwerten für jeden, der sich mit dieser Frage befafst, eine Selbstverständlichkeit ist.

Die Bauart Miller beansprucht für uns deshalb besonderes Interesse, weil sie neueren Datums ist und für ihre Entwicklung anscheinend die neuesten Erfahrungen richtunggebend waren. Vergleicht man die Bauart Miller hinsichtlich der Übertragungsvorrichtung mit den elektroinduktiven Zugbeeinflussungen, die z. Zt. von der Deutschen Reichsbahn versucht werden — eine Beschreibung dieser Vorrichtungen wird an anderer Stelle gegeben —, dann läfst sich auch hierbei wieder feststellen, dafs die beiderseitigen Erfahrungen übereinstimmen. Zu klären bleiben noch die Fragen der Stromart der Spannung, der Frequenz und die Anwendung des Resonanzprinzips. Nach meiner Auffassung sind die deutschen Bauarten in der Klärung dieser Fragen schon einen Schritt weiter, doch läfst sich hierüber ein endgültiges Urteil erst nach Abschlufs der Versuche bilden.

Ein Vergleich des Millerschen Betriebsprogramms, d. i. die Ausnutzung der Übertragung auf der Lokomotive, mit dem deutschen ist nicht möglich, weil die beiderseitigen Auffassungen darüber von einander abweichen.

Die Bauart Miller verwendet, wie alle übrigen induktiven Einrichtungen, einen sogenannten Gleismagneten und einen Lokomotivmagneten. Der Lokomotivmagnet setzt sich jedoch bei dieser Bauart aus zwei getrennten parallel nebeneinanderliegenden Magneten zusammen, von denen jeder eine Erreger- und eine Empfängerspule trägt. Die Erregerwicklungen liegen im Stromkreise eines Hochfrequenz-Generators. In dem Stromkreise der Empfängerspulen ist das sogenannte Lokomotivrelais eingeschaltet. Es dient zur Einleitung der verschiedenen Beeinflussungen, wie Steuerung der Führerstandsanzeigen und der selbsttätigen Bremsung.

Erreger- und Empfängerwicklungen sind unter sich hintereinander geschaltet. Bei gewöhnlicher Fahrt werden durch die von den Erregerspulen erzeugten Kraftlinien in den Empfängerspulen elektromotorische Kräfte induziert, welche sich addieren. Die Wicklung des Lokomotivrelais liegt an Spannung, der Relaisanker ist angezogen.

Beim Überfahren eines Gleismagneten in Haltschaltung schliefsen sich die von den Erregerspulen erzeugten Kraftlinien auch über diesen. Sie sind den vorstehend erwähnten entgegengerichtet. Durch geeignete Wahl der magnetischen Widerstandsverhältnisse wird erreicht, dafs sich diese Kraftlinien gegenseitig aufheben und in den Empfängerspulen keine elektromotorischen Kräfte mehr erzeugt werden. Das Lokomotivrelais wird stromlos, sein Anker fällt ab, die Führerstandsanzeigen werden beeinflufst und die selbsttätige Bremsung eingeleitet.

Der Unterschied der Fahrt- und Haltschaltung eines Gleismagneten wird dadurch erreicht, dafs dessen Magnetspule durch einen Signalflügelkontakt kurzgeschlossen oder unterbrochen wird. Bei Haltschaltung wird durch die Rückwirkung der kurzgeschlossenen Magnetwicklung erreicht, dafs das Entstehen der über den Gleismagneten geleiteten entgegengesetzt gerichteten Kraftlinien kräftig gedämpft wird, so dafs der durch die Wicklung des Lokomotivrelais fliefsende Strom noch genügt, um dessen Anker angezogen zu halten. Es kommt zu keiner Beeinflussung.

So weit sich aus der amerikanischen Literatur verfolgen läfst, sind in New York Central im vergangenen Jahre 29 Meilen mit 24 Gleismagneten nach der Bauart Miller ausgerüstet. Versuchsergebnisse sind aber bis jetzt noch nicht bekannt geworden. Aust.

Buchbesprechungen.

Eisenbahnbetriebsunfälle und ihre Verhütung von Dr. Ing. Adolf Blofs, Dresden. Berlin 1926. Verlag der Verkehrswissenschaftlichen Lehrmittelgesellschaft m. b. H. bei der Deutschen Reichsbahn, Berlin W 8. Format Din A 5. VI; 95 Seiten mit vielen Abbildungen und zwei Tafeln. Geheftet Preis 3,40 RM.

Die Behandlung von Eisenbahnbetriebsunfällen in ihren Ursachen und Folgen und deren Verhütung in dem vorliegenden Büchlein entspricht ihrer Bedeutung für den Eisenbahnbetrieb. Die Gliederung des Stoffes ist zielbewufst und übersichtlich. Durch die aufserordentlich klare Darstellung und die knappe Fassung sowie durch die Vermeidung des trockenen Anordnungs- und Paragraphenstiles ist das Lesen erleichtert und anregend.

Das statistische Material und dessen Auswertung in Teil I ist in übersichtlicher Weise zusammengestellt und auf das Notwendigste beschränkt.

Der II. Teil bringt eine Schilderung bemerkenswerter Unfälle und Zugsgefährdungen aus der das im Betriebe stehende Personal viel lernen kann. Diese Sammlung ist zweifellos geeignet, das Verständnis der Fahrdienstvorschriften zu erleichtern, zu vertiefen und zu beleben.

Der III. Teil mit seinen Unfallverhütungsbildern und den dabei stehenden Merkregeln in Reimen und in ungebundener Rede mahnt das Personal in sehr ansprechender Weise zur Vorsicht bei der Arbeit. Besonders die Bilder mit den Reimregeln, welche meines Wissens erstmals von der R. B. D. Dresden auch in Form von Bilderbögen herausgegeben wurden, erfreuen sich grofser Beliebtheit beim Personal; sie finden sich deshalb auch an vielen Arbeitsstellen angeheftet.

Sehr wirksam wäre vielleicht auch noch gewesen ein Hinweis in Wort und Bild, welch traurige Folgen persönliche Unfälle auch noch für die eigene Familie haben können. Die im Anhang beigegebenen Prüfungs- und Wiederholungsfragen machen das Buch für den Unterricht und für das Selbststudium sowie für die Vorbereitung auf Prüfungen sehr geeignet. Wir können dem Buche eine recht weite Verbreitung nur wünschen. Stegner.

Die Sicherungseinrichtungen für den Zugverkehr auf den deutschen Bahnen. H. Möllering, Oberbaurat a. D., Honorarprofessor der Technischen Hochschule Dresden. XII, 554 Seiten mit 376 Abbildungen Verlag von S. Hirzel, Leipzig 1927. Preis geheftet 32,—, gebunden 35,— RM.

Nach statistischen Erhebungen ist die Verkehrssicherheit bei den deutschen Eisenbahnen gröfser als bei den anderen zeitgemäfsen Verkehrsmitteln. Dies ist u. a. auf die hohe Vollkommenheit aller technischen Einrichtungen, namentlich auch der Signal- und Sicherungseinrichtungen zurückzuführen. Die folgerichtige Entwicklung der letzteren entsprechend der fortschreitenden Verkehrstechnik ist im vorliegenden Werk in neun Abschnitten eingehend behandelt.

Der erste Abschnitt befafst sich mit den Signalen für den Zugverkehr und den geforderten Abhängigkeiten, der zweite mit den mechanischen Sicherungsanlagen, insbesondere den Signaleinrichtungen, den Weichensicherungen und den Abhängigkeiten in den Stellwerken. Der dritte Abschnitt dient der Erörterung der Blockeinrichtungen, während die beiden folgenden Abschnitte über die Bahnhofsblockung und die Streckenblockung für zwei- und eingleisige Bahnen Aufschlufs geben Abschnitt VI und VII behandeln das umfangreiche Gebiet der Kraftstellwerke, insbesondere der elektrischen Stellwerke und der dabei angewendeten Blockeinrichtungen. Die beiden letzten Abschnitte geben Ausblicke für die zukünftige Entwicklung. Im Abschnitt VIII wird die selbsttätige Streckenblockung, wie sie bereits bei städtischen Schnellbahnen in Betrieb ist, erörtert. Grofsem Interesse wird auch der neunte Abschnitt über die versuchten Mittel zur Verhütung des Überfahrens von Haltsignalen begegnen. Die Schwierigkeiten des Problems, dessen Lösung auch schon in anderen Ländern angestrebt worden ist, werden in vollem Umfange klar gelegt. Doch läfst gerade dieser Abschnitt ersehen, dafs die Deutsche Reichsbahn-Gesellschaft nichts unversucht läfst, um wie bisher, so auch künftig hinsichtlich der Verkehrssicherheit und Zuverlässigkeit des Signalsystems an der Spitze der Nationen zu bleiben.

Das vielfach schwierige Gebiet ist im vorliegenden Werke in klarer Gliederung und flüssiger Sprache erschöpfend behandelt. Zahlreiche deutliche Abbildungen und Schaltpläne unterstützen das Eindringen in die Zusammenhänge. Das Buch dient sowohl den Anfängern beim Studium der verwickelten Fragen des Eisenbahn-Sicherungswesens und wird auch von den Fachleuten gerne zur Hand genommen werden, um die Kenntnisse zu vertiefen und sich über verwandte Systeme zu unterrichten. Es bedeutet eine wertvolle Bereicherung der im Vergleich zu anderen Gebieten nicht allzu umfangreichen Literatur und kann bestens empfohlen werden.

Zu wünschen wäre nur, dafs einer nächsten Auflage noch ein Sachverzeichnis angegliedert werden möchte. Saurler.

Verschiedenes.

Die deutsche Werkstofftagung und ihre Bedeutung für das Eisenbahnwesen.

Vom 22. Oktober bis 13. November 1927 findet in Berlin die erste grofse Werkstofftagung statt, die vom:

Verein deutscher Ingenieure, dem Verein deutscher Eisenhüttenleute, der Deutschen Gesellschaft für Metallkunde, dem Zentralverband der deutschen Metall-, Walzwerks- und Hütten-Industrie, dem Zentralverband der deutschen elektrotechnischen Industrie, dem Deutschen Verband für die Materialprüfungen der Technik, dem Deutschen Normenauschufs, den Mafsgebenden Verbänden der Verbraucher und dem Messe-Amt der Stadt Berlin

veranstaltet wird.

Die Werkstofftagung hat die Aufgabe, die breiten Schichten der Werkstofferzeuger mit dem noch viel gröfseren Kreis der Werkstoffverbraucher zu enger Gemeinschaftsarbeit zusammenzuführen. Diese Zusammenarbeit ist notwendig, da die Werkstoffe für das gesamte Gebiet der Technik aufserordentlich grofse Bedeutung haben und von ihrer richtigen Auswahl, Verarbeitung und Prüfung nicht nur die Wirtschaftlichkeit, sondern in vielen Fällen auch die technische Durchführbarkeit eines Verfahrens überhaupt abhängt.

Die Verwendungsgebiete der Werkstoffe in der Technik sind aber so zahlreich und verschiedenartig, dafs nur ein Teil der wichtigsten Werkstoffe auf der diesjährigen Werkstofftagung behandelt werden kann. Andernfalls würde man durch die Fülle des Gebotenen den Besucher ermüden; auch ist man durch den zur Verfügung stehenden Raum stark begrenzt. Man hat sich daher entschlossen, zunächst nur drei grofse Gebiete: Metalle, Nichtmetalle und Isolierstoffe der elektrotechnischen Industrie zu zeigen und die übrigen nicht weniger wichtigen metallischen Baustoffe, sowie das grofse Gebiet der Verbrauchs- und Betriebsstoffe in einer späteren Tagung zu behandeln.

Die Werkstofftagung zergliedert sich in die Werkstoffvorträge und die Werkstoffschau; diese zerfällt wieder in eine Übersicht und eine Prüfschau der Werkstoffe.

Die Vorträge werden vor allem in der Technischen Hochschule Charlottenburg gehalten, und zwar in der Zeit vom 22. Oktober bis 6. November. Bisher sind etwa 300 Vorträge vorgesehen mit einer durchschnittlichen Dauer von 30 Minuten; möglichst viel Zeit hat man für die Aussprache angesetzt, um so allen Erzeugern und Verbrauchern Gelegenheit zu geben, aus ihren Erfahrungen das Wichtigste mitzuteilen, Fragen zu stellen, Wünsche zu äufsern und Anregungen zu geben. Auf diese Weise hofft man die Gemeinschaftsarbeit zwischen Erzeugern und Verbrauchern, zwischen Forschern und Ingenieuren der Praxis usw. am besten zu fördern. Ein Teil der Vorträge soll auch so gehalten sein, dafs sie für Meister, Handwerker und Arbeiter einerseits, für kaufmännische Leiter industrieller Werke und einzelner Abteilungen anderseits verständlich sind. Es ist auch zu hoffen, dafs bedeutende Forscher und Ingenieure des Auslandes zur Mitarbeit bereit sein werden.

Die Werkstoffschau findet in der Neuen Ausstellungshalle am Kaiserdamm statt. In der Werkstoffprüfschau wird gezeigt, welche Werkstoffeigenschaften zur Zeit erforschbar sind und welche Verfahren und Einrichtungen hierfür Anwendung finden. Ein grofser Teil der neuen Automobilhalle wird in ein riesiges Prüffeld verwandelt, in dem mehr als 100 Materialprüfmaschinen für die verschiedensten Prüfverfahren von Eisen und Stahl, den Nichteisenmetallen und den elektrotechnischen Isolierstoffen aufgestellt und in Betrieb genommen werden.

Als notwendige Ergänzung der Prüfschau wird in den drei grofsen Abteilungen der Eisen- und Stahl-, Metall- und elektrotechnischen Gruppe eine Werkstoffübersicht gegeben, in der die Mannigfaltigkeit der Werkstoffe, ihre richtige Auswahl, die falsche und richtige Behandlung und das Verhalten im praktischen Betriebe an zahlreichen Beispielen gezeigt wird.

Für die gesamte Verkehrstechnik ist die richtige Auswahl und Verwendung der Werkstoffe deshalb ganz besonders wichtig, weil hier noch weit mehr als bei ortsfesten Anlagen der Platzbedarf und das Gewicht die technische Ausnutzung und die Wirtschaftlichkeit beeinflussen. Daher hat auch die Deutsche Reichsbahn ein ganz besonderes Interesse für die Tagung gezeigt und einen ihrer Herren damit beauftragt, das Fortschreiten der Arbeiten dauernd zu verfolgen und den Veranstaltern der Werkstofftagung durch Mitarbeit und rege Unterstützung behilflich zu sein.

Einige wichtige Gesichtspunkte, die über die Bedeutung der Werkstoffe für das Eisenbahnwesen Aufschlufs geben, sollen hier nur kurz erwähnt werden: Schon bei ortsfesten Anlagen wird möglichst jedes unnötige Gewicht vermieden, um an Anlagekosten zu sparen und um die Leistung, z. B. durch Gewichtsverminderung schwingender Massen zu erhöhen. Diese Forderungen für ortsfeste Anlagen sind bei Fahrzeugen in noch höherem Mafse zu berücksichtigen, da auch der Brennstoffverbrauch durch das Gewicht stark beeinflufst wird. Es ist daher anzustreben, nicht nur die Lokomotiven, sondern auch die Wagen so leicht wie möglich zu bauen, um die Leistung zu erhöhen und den Brennstoffverbrauch zu verringern. Die Gewichtsverminderung ist aber nicht nur eine konstruktive Frage, sondern auch eine Werkstoffrage; es sei hier nur an die grofse Bedeutung der Leichtmetalle erinnert, die auch für das Eisenbahnwesen schon eine gewisse Bedeutung erlangt haben. Ein zweiter wichtiger Gesichtspunkt ist die immer mehr zunehmende thermische und konstruktive Verbesserung der Maschinen und der Kessel von Lokomotiven. Um den thermischen Wirkungsgrad der gesamten Lokomotivanlage zu erhöhen, versucht man in letzter Zeit, einerseits auf Hochdruckdampfbetrieb überzugehen, und sehr hohe Überhitzungstemperaturen anzuwenden, anderseits das Wärmegefälle durch Einbau von Kondensatoren zu vergröfsern. Gerade aber der Übergang zum Hochdruckdampfbetrieb und die Anwendung sehr hoher Temperaturen bedingt eine sehr sorgfältige Stoffauswahl und Stoffbehandlung, andernfalls würde die Lebensdauer der Lokomotive geringer und dadurch die Brennstoffersparnis wieder aufgehoben werden. Also auch hier ist die Werkstoffrage ausschlaggebend. Endlich ist auch die Bedeutung der Werkstoffe für Eisenbahnbrückenbau und für den gesamten Oberbau aufserordentlich grofs. Durch Wahl hochwertiger Werkstoffe kann auch einerseits hier oft an Gewicht und an Anlagekosten ganz bedeutend gespart und die Wirtschaftlichkeit dadurch bedeutend gehoben werden, anderseits die Betriebssicherheit wesentlich verbessert werden. Es sei hier nur an die Anwendung von Stählen hoher Festigkeit beim Brückenbau, an die Auswahl haltbarer Stoffe und die zweckmäfsige Verarbeitung von Schienen, an die richtige Behandlung der Schwellen und vor allem an die aufserordentlich grofse Bedeutung der Anstrichtechnik für das Eisenbahnwesen erinnert. Denn, da die Baustoffe dauernd den Einflüssen der Witterung ausgesetzt sind, so ist die Gefahr des Rostens und der Korrosion sehr grofs. Zum Schlufs sei noch auf die immer mehr zunehmende Bedeutung der Schweifstechnik hingewiesen, die, ihrer Wichtigkeit entsprechend, gleichfalls eingehend auf der Werkstofftagung behandelt wird. Auch dieses Gebiet ist für das Eisenbahnwesen, namentlich für den Werkstättenbetrieb, von sehr grofser Bedeutung.

Dies sind nur einige wenige Beispiele, die aber schon deutlich die Bedeutung der Werkstoffe gerade für das Eisenbahnwesen erkennen lassen. Es ist anzunehmen, dafs alle im Eisenbahnfach tätigen Ingenieure der Werkstofftagung grofses Interesse entgegenbringen und viele Anregungen jeder Art dort empfangen werden.

Für die Schriftleitung verantwortlich: Reichsbahnoberrat Dr. Ing. H. Uebelacker in Nürnberg. — C. W. Kreidel's Verlag in München.
Druck von Carl Ritter, G. m. b. H. in Wiesbaden.

Abb. 1 und 2 zum Aufsatz: Stemmlasche gegen das Wandern der Schienen.

Abb. 1.

Abb. 2.

Abb. 4.

Abb. 5.

Querschnitt.

Draufsicht.

Abb. 3.

Abb. 6.

Querschnitt.

Bemerkung: Sämtliche Maße sind in mm.

Abb. 7.

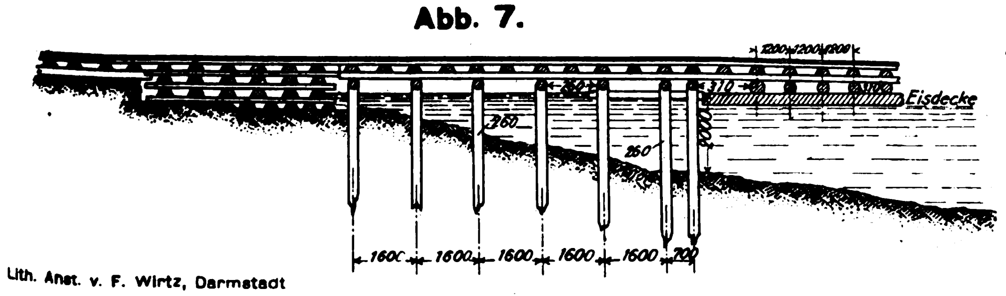


Abb. 3 bis 7 zum Aufsatz: Gleisbau auf gefrorenen Flüssen und Seen.

1927
82. Jahrgang.

Heft 12
30. Juni

ORGAN
FÜR DIE
FORTSCHRITTE DES EISENBAHNWESENS

TECHNISCHES FACHBLATT
DES VEREINS DEUTSCHER
EISENBAHNVERWALTUNGEN



HERAUSGEGEBEN VON
DR. ING. H. UEBELACKER
C. W. KREIDEL'S VERLAG · MÜNCHEN

Inhalt:

Die neuen Verbrennungstriebwagen der Deutschen Reichsbahn-Gesellschaft und ihre Versuchsergebnisse. Nolde. 213. — Taf. 25 und 26.
Der neue Speichertriebwagen der Reichsbahn. Trautvetter. 216.
Die gußeisernen Stopfbuchspackungen. Dannecker. 217.
Die Tanganjikabahn. F. Baltzer. 222.
Unkrautvertilgung auf Eisenbahnstrecken. Wöhrl. 224.
Verstärkung der Federn bei Lokomotiven der Deutschen Reichsbahn-Gesellschaft. 226.
Die neuesten Prüfstände in der Versuchsabteilung Göttingen. 226.
Reibungswert zwischen Rad und Bremsklotz. 227.
Lehre zum Nachmessen von Radspurkränzen. 227.
Besonders niedrig gebaute Wagenschiebebühne. 228.
500 PS-benzol-elektrischer Triebwagen der Lehigh Valley Bahn. 228.
1 C - h 2 Lokomotive der London Midland und Schottischen Bahn. 229.
Amerikanischer Benzol-Triebwagen mit mechanischer Kraftübertragung. 229.
Rollenlager an amerikanischen Eisenbahnwagen. 229.
2 C - h 4 Schnellzuglokomotive der Englischen Südbahn. 230.

Organ für die Fortschritte des Eisenbahnwesens

Technisches Fachblatt des Vereins Deutscher Eisenbahn-Verwaltungen

Schriftleitung: Dr. Ing. H. Uebelacker, Nürnberg, unter Mitwirkung von Dr. Ing. A. E. Bloss, Dresden.

82. Jahrgang | 30. Juni 1927 | Heft 12

Die neuen Verbrennungstriebwagen der Deutschen Reichsbahn-Gesellschaft und ihre Versuchsergebnisse.

Von Reichsbahnbaumeister Dipl.-Ing. Nolde, Berlin.

Hierzu Tafel 25 und 26.

In den Heften 2 und 4 (1926) des »Organs für die Fortschritte des Eisenbahnwesens« sind einige der im Betrieb der Deutschen Reichsbahn-Gesellschaft laufenden Triebwagen beschrieben worden. Inzwischen hat sich der Triebwagenpark weiter vergröfsert; Ende März 1927 ist u. a. ein vierachsiger Benzoltriebwagen, von denen die Waggon- und Maschinenbau-A.-G. Görlitz für die Deutsche Reichsbahn-Gesellschaft vier zu liefern hat, in Dienst gestellt worden, der wegen seiner Motoranordnung im Drehgestell und durch seinen Antrieb bemerkenswert ist.

Die Bauart.

Der Wagen (Textabb. 1 und Abb. 1 bis 4, Taf. 25) besitzt 3. und 4. Klasse und fafst bei 76 Sitzplätzen etwa 150 Fahrgäste.

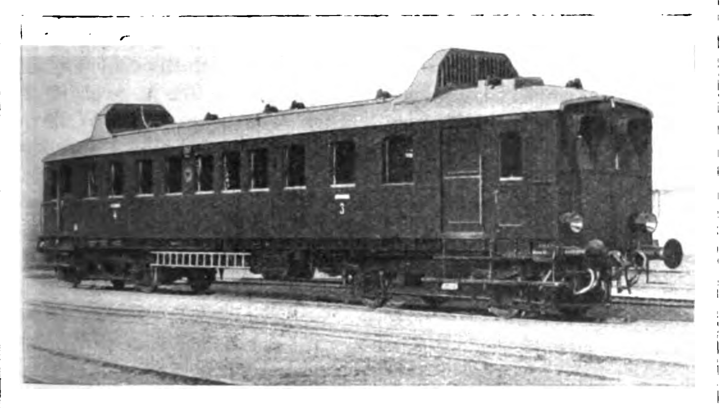


Abb. 1. Ansicht des Benzoltriebwagens.

Das Gewicht beträgt 40 t entsprechend einem Sitzplatzgewicht von 475 kg und einem Gewicht von 891 kg pro qm Nutzfläche. In jedem Drehgestell ist ein Motor von 90 PS Höchstleistung untergebracht, so dafs als Triebkraft 180 PS zur Verfügung stehen. Die Höchstgeschwindigkeit in der Ebene ist rechnerisch zu 72 km ermittelt.

Beim Wagenkasten ist als Baustoff Stahl verwendet. Die Länge des Wagens über Puffer beträgt 21 m, die Kastenlänge 19,7; die Wagenenden sind auf eine Länge von 4,4 m an beiden Seiten eingezogen, um Trittbretter und Türen unterbringen zu können. Der Zugang zum Wageninnern erfolgt auf beiden Seiten durch Vorräume, die von den Führerständen (Textabb. 2) durch Zwischenwände abgeteilt sind. Der jeweils hintere Führerstand wird als Post- bzw. Gepäckabteil verwendet.

Jeder Motor besitzt einen besonderen, auf dem Dach untergebrachten Kühler, die beide untereinander durch Ausgleichleitung verbunden sind. Geheizt wird der Wagen vom Kühlwasser. Als Beleuchtung ist eine Boschanlage mit einer Spannung von 24 Volt und einer Batterie mit einer Kapazität von 100 Brennstunden vorgesehen worden. An beiden Kopfenden sind Scheinwerfer angebracht, die durch vorgeschaltete Widerstände bei der Einfahrt in Bahnhöfe abgeblendet werden können. Zur Belüftung sind Wendlersauger eingebaut.

Die Steuerung der in den beiden Drehgestellen untergebrachten Maschinenanlagen erfolgt elektropneumatisch, d. h. vom Führerstand aus werden fernelektrisch Magnetventile gesteuert, die durch kurze Prefsluftleitungen wiederum die mechanischen Schaltorgane betätigen. Bei einem der Wagen ist die Steuerung rein elektrisch ausgebildet.

Dadurch, dafs jede Maschinenanlage für sich geschlossen in einem Drehgestell untergebracht ist, kann man leicht eine schadhafte Anlage gegen eine Ersatzanlage auswechseln bzw. bei Ausfall einer Anlage den Wagen mit der andern fortbewegen.

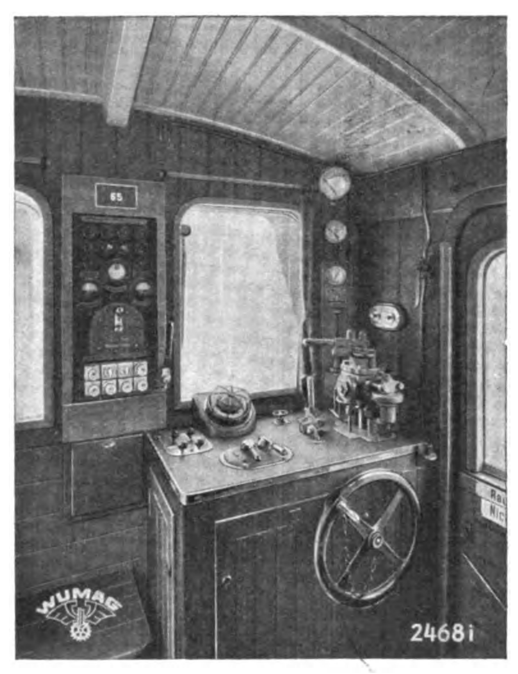


Abb. 2. Führerstand.

Der Lauf des Wagens ist in Anbetracht der Anordnung des Motors im Drehgestell ein aufserordentlich ruhiger. Motorgeräusche werden auf den Wagenkasten kaum übertragen.

Das Maschinendrehgestell. (Abb. 5 u. 6, Taf. 25.)

Die Triebkraft wird folgendermafsen auf die Achse übertragen:

Der Motor treibt über die Hauptlamellenkupplung das Wechselgetriebe und dann mit Kardanwelle und Kirchbachschen Gelenken (Textabb. 4) das auf der Triebachse sitzende Wendegetriebe an. In die Kardanwelle ist eine Sicherheitsrutschkupplung eingebaut, die bei geringer Überlastung der Maschinenanlage zu gleiten anfängt. Die gesamte Anlage ist in einem aus Stahlblech hergestellten zweiachsigen Drehgestell Bauart Görlitz mit einem Radstande von 3,9 m angeordnet. Die Wiege ruht auf vier 2 m langen Blattfedern (Abb. 6, Taf. 25), die weitere Abfederung des Drehgestellrahmens erfolgt durch Blattfedern, die beiderseits in Schneckenfedern über den Achsbuchsen hängen, so dafs die Maschinenanlage vollkommen gegen die Schienenstöfse abgefedert ist.

In jedem Drehgestell ist ein Brennstoffbehälter mit einem Fassungsvermögen von 150 l eingebaut. Der Brennstoffvorrat reicht für etwa 400 km. Der Brennstoff fliefst durch natürliches Gefälle den Motoren zu. Hierdurch werden die sonst häufigen Störungen durch Unterdruck- bzw. Druckförderung vermieden. Motorwechselgetriebe und Nebenapparate sind in einem Rahmen gelagert und können mit dem Rahmen leicht abgesenkt werden. Motorwelle, Hauptwelle, Wechselgetriebe und Triebachse liegen in einer Höhe und zwar so tief, dafs kein Teil der Maschinenanlage in den Wagenkasten hineinreicht.

Die Bremsgehängeanordnung ist ähnlich der eines D-Zugwagens. Der Kompressor ist unmittelbar mit dem Motor gekuppelt und erzeugt die für die Einkammer-Knorrbremse und die Steuerung nötige Luft.

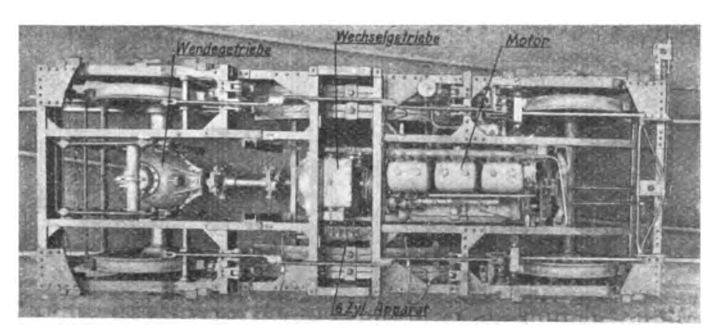


Abb. 3. Aufsicht auf das Drehgestell.

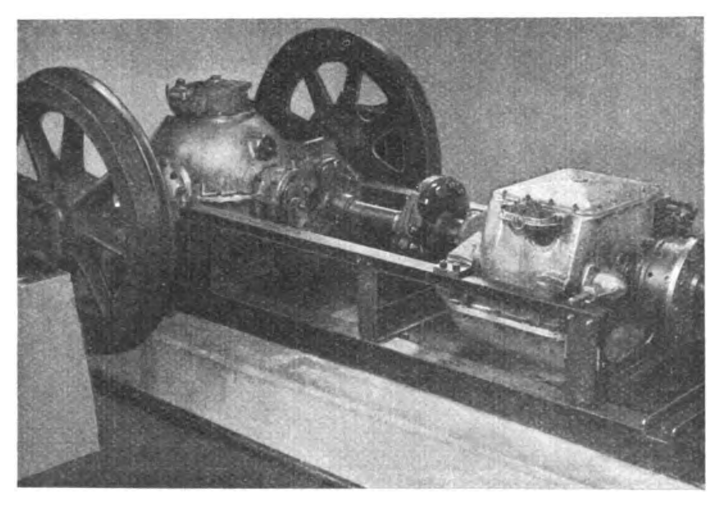


Abb. 4. Maschinenanlage.

Als Triebmaschine ist ein Sechszylinder-Benzolmotor von 90 PS bei 1000 Umdr./Min. von der Firma Büssing verwendet. Angelassen wird der Motor durch einen Boschanlasser oder im Notfall von Hand. Je drei Zylinder haben einen Vergaser, der so angeschlossen ist, dafs keinesfalls die Zylinder sich gegenseitig den Brennstoff absaugen können. Die Brennstoffregulierung geschieht durch Vergaserdrosselklappen, die einmal durch den Drehzahlregler bei Überschreitung der Höchstdrehzahl, andererseits durch einen Gashebel vom Führerstand aus geregelt werden. Beim Drehen dieses Hebels wird ein Druckminderventil verstellt; der hierdurch eingestellte Luftdruck (0 bis 6 at) überträgt sich durch eine Luftleitung auf eine Steuermembran, die ihrerseits mit Hebelübertragung die Vergaserdrosselklappen reguliert. Selbstverständlich müssen die Hebelübersetzungen der beiden Motorregulierungen gegeneinander abgestimmt werden, um ein gleichmäfsiges Arbeiten der Motoren und damit stofsfreies Schalten zu erzielen.

Gekühlt wird der Motor durch Wasser, das durch die von der Kurbelwelle angetriebene Kühlwasserpumpe in die Kühler gepumpt wird. Durch Verstellen der Kühlerklappen kann die Temperatur des Kühlwassers auf der Höhe von 65 °C gehalten werden. Die Kühlwassertemperatur ist durch elektrische Fernthermometer auf jedem Führerstand zu messen.

Die Zündung erfolgt durch einen Bosch-Magnetapparat und der Zündzeitpunkt kann durch Verdrehen der verstellbaren Federkupplung zwischen Magnet und Antriebswelle um 10 Grad geändert werden.

Das Wechselgetriebe. (Textabb. 5 und Abb. 7 bis 9, Taf. 25.)

Das Wechselgetriebe ist nach dem Prinzip der Sodenschaltung ausgeführt mit fünf Geschwindigkeitsstufen und zwar:

Gang Nr.	Wechselgetriebsübersetzung	Geschwindigkeit km/Std.	Motordrehzahl von	Motordrehzahl bis	Gesamtübersetzung (einschliefslich Wendegetriebe)
1	1 : 7,11	10	0	1000	1 : 18,63
2	1 : 4,37	16,5	610	1000	1 : 11,45
3	1 : 2,66	27	610	1000	1 : 6,97
4	1 : 1,63	44	610	1000	1 : 4,27
5	1 : 1	72	610	1000	1 : 2,62

Das Gehäuse des Sodengetriebes (Abb. 7 bis 9, Taf. 25) enthält drei in Kugel- bzw. Rollenlagern geführte Wellen, und zwar eine Mittelwelle A und zwei Nebenwellen C_1 und C_2. Die Hauptwelle A überträgt entweder über eine der Nebenwellen C oder direkt auf die Treibwelle B das Motordrehmoment. Auf jeder Nebenwelle sitzen lose die Schalträder für je zwei Gänge. Das Schaltrad des fünften Gangs sitzt auf der Welle A achsial verschiebbar. Die beiden anderen auf Welle A sitzenden Stirnräder sind fest verkeilt. Die einzelnen Schalträder sind ständig paarweise in Eingriff und werden durch geringes Verschieben, ohne dafs ihr Eingriff gestört wird, durch Klauen mit ihren zugehörigen Wellen gekuppelt. Hierdurch ist erreicht, dafs die Zahnabnutzung auf ein Minimum herabgesetzt wird. Jedes Zahnrad wird durch seine besondere, fest auf einer Hülse (h) sitzende Schaltgabel (g) auf der Achse (w) verschoben (Textabb. 5). Das Ausrücken der Schaltgabeln (g) geschieht durch Prefsluft über einen Ausrücker (a), das Einrücken durch Federkraft. Über den Schalträdern liegt im Gehäuse eine Riegelwalze (R), die den Verschiebevorgang der Schaltgabeln folgendermafsen steuert:

Die Riegelwalze R hat auf ihrem Umfang verteilt für die fünf Gänge fünf Bohrungen (b), in welche die zu den fünf Gängen gehörigen Riegelzapfen (S) der fünf Schaltgabeln (g) eingreifen können (Textabb. 5 und Abb. 7 u. 8, Taf. 25). Diese Zapfen liegen alle in Höhe der Riegelwalzenachse. Auf der Riegelwalze sind die Löcher so verteilt, dafs jeweils nur eine Bohrung beim Drehen der Walze in die Ebene der Zapfen kommen und nur ein Zapfen in Eingriff gebracht werden kann; die nicht in Eingriff stehenden Zapfen legen sich gegen den Umfang der Riegelwalze, so dafs die Klauenkupplungen der zugehörigen Gänge nicht einrücken können und somit nur der gewählte Gang gekuppelt ist.

Das Drehen der Riegelwalze kann sowohl mechanisch als auch elektrisch oder durch Prefsluft geschehen. Da die mechanische Steuerung durch die gemeinsame Gestängeanordnung für die beiden Drehgestelle sehr verwickelt werden würde, ist beim Wumagwagen die elektropneumatische Steuerung gewählt worden, und zwar wird die Riegelwalze R beim Schalten unter Betätigung eines Magnetventils durch den Sechszylinderschalter (Textabb. 5 und 6) gedreht.

Jeder Zylinder dieses Schalters enthält einen Kolben (b) mit einer Zahnstange (a), die in das Ritzel (1) der Riegelwalze eingreift. Durch stufenweise Hubbegrenzung der einzelnen

Zahnstangen wird erreicht, dafs die Riegelwalze sich nacheinander in die dem gewählten Gang entsprechende Stellung dreht. Die Riegelwalze ermöglicht es also, einen Gang vorzuwählen. Durch den Gangschalter (Textabb. 5) erhält das zu dem gewünschten Gang gehörige Magnetventil Strom und bewirkt über den Sechszylinderschalter die Wahl des Ganges; nach Bedarf wird bei Betätigung des Kupplungshebels der betreffende Gang eingeschaltet.

Zwischen Motor und Wechselgetriebe sitzt die Hauptlamellenkupplung, die durch Prefsluft einbzw. durch Federkraft ausgerückt wird. Bei jedem Schaltvorgang wird zunächst die Lamellenkupplung ausgerückt, kurz darauf werden durch denselben Prefsluftkolben (Z) mittels eines Ausrückers sämtliche Schaltgabeln von der Riegelwalze abgehoben. Nachdem die Riegelwalze durch den Zahnstangenschalter auf den gewählten Gang eingestellt ist, werden durch Federkraft die Schaltgabeln und die Kupplungen unter Entlüftung des Prefsluftzylinders (Z) eingerückt.

Hilfskupplung (H) ist so bemessen, dafs sie **nur** imstande ist, die Welle A mit ihren Schalträdern mitzunehmen.

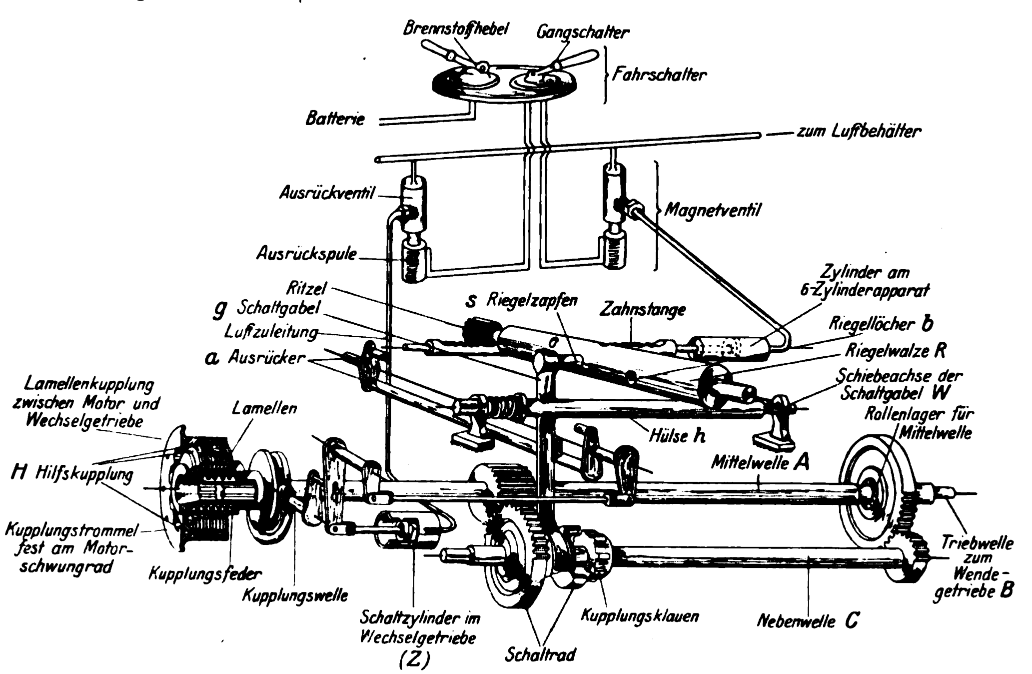


Abb. 5. Schaltungsbild des Sodengetriebes. Gezeichnete Stellung: Leerlauf, (dargestellt sind nur die Schalträder eines Ganges.)

Abb. 6. Sechszylinderschalter.

Um einen nahezu synchronen Lauf der zu schaltenden Kupplungsteile für ein stofsfreies Schalten zu erzielen, ist in die Hauptlamellenkupplung eine Hilfskegelkupplung (H) eingebaut, die die Hauptwelle A vom Motor bei ausgerückter Hauptkupplung mit der Drehzahl des Motors mitnimmt. Diese

Der Schaltvorgang vollzieht sich wie folgt: Durch Einstellung und Herumdrehen des Ganghebels auf dem Führerstand erhält das Magnetventil für die Lamellenkupplung und unmittelbar darauf das Magnetventil für den gewählten Gang Luft; hierdurch wird das Ausheben der Schaltgabeln und das Auslösen

der Kupplung bewerkstelligt. Also: Kupplung löst aus, Riegelwalze wird frei und dreht sich in die gewählte Stellung. Gang rückt ein, Kupplung rückt ein.

Das Wendegetriebe. (Abb. 5 u. 6, Taf. 25).

Das Wendegetriebe ist auf die Triebachse verlegt und mit dem Achsentrieb vereinigt. Fest mit der Achse verschraubt sind zwei Kegelräder für Vor- bzw. Rückwärtsfahrt, in die das treibende Kegelritzel eingreift. Durch Verschieben des ganzen Wendegetriebegehäuses, das mit Rotgufslagern auf der Triebwelle gelagert ist, wird das eine oder das andere Kegelrad mit dem Ritzel der Triebwelle in Eingriff gebracht. Dieses Ritzel ist fest im Gehäuse gelagert, so dafs seine Achse immer senkrecht zur Treibachse steht, auch wenn das Gehäuse zum Umschalten von einer Endstellung in die andere verschoben wird. Die seitliche Verschiebung des Gehäuses wird durch die zwischen Wechsel- und Wendegetriebe eingeschalteten Kardangelenke ermöglicht.

Zum Verschieben des Gehäuses auf der Achse dient eine Schaltgabel, die als zweiarmiger Hebel ausgebildet ist. Der Drehpunkt des Hebels ist im Gehäuse gelagert, während der Festpunkt auf der Achse liegt. Bewegt wird der Hebel durch einen Exenter, auf den zwei Prefsluftkolben einwirken. Die Druckluft steuern zwei Magnetventile, die am Wagenkasten angeordnet sind. Die in die Prefsluftzylinder gelassene Druckluft schiebt das Wendegetriebe in die gewünschte Lage; falls beim Einrücken Zahn auf Zahn treffen sollte, bleibt der Luftdruck so lange auf dem Kolben, bis bei einer geringen Bewegung der Treibwelle die Räder in Eingriff gekommen sind. Das Wendegetriebe kann in der Mittelstellung durch einen federnden Stift verriegelt werden. Die Wagenachsen sind dann unabhängig vom Getriebe, so dafs der Wagen bei stillstehendem Getriebe in jedem Zuge mitgeführt werden kann.

Die Versuchsfahrten

fanden in der Zeit vom 14. 8. bis 27. 11. 1926 auf denselben Strecken wie die früheren Versuche statt und wurden mit dem Messwagen des Versuchsamts Grunewald ausgeführt. Die Ergebnisse dieser Fahrten sind in den Abb. 1 bis 5, Taf. 26 wiedergegeben.

Abb. 1, Taf. 26 stellt die gröfsten Zugkräfte und Leistungen bei Vollast im dritten, vierten und fünften Gang in Abhängigkeit von der Geschwindigkeit dar. Um eine Überlastung der Getriebe zu vermeiden, ist als Belastungsgrenze eine Anhängelast von 36 t (= zwei Wagen) bei 12 ‰ Steigung festgesetzt worden.

Abb. 2, Taf. 26 zeigt die aus den Zugkräften sich ergebenden s bis v Schaulinien; die soeben erwähnten Belastungsgrenzen sind einpunktiert.

Abb. 3, Taf. 26 enthält den Brennstoffverbrauch für das Tonnenkilometer und Nutzflächenkilometer in Abhängigkeit von der Zuglast.

Abb. 4, Taf. 26 gibt den Brennstoffverbrauch des Wagens pro tkm in Abhängigkeit von der Geschwindigkeit wieder. Der Brennstoffverbrauch des Wumagwagens ist relativ günstig.

In Abb. 5, Taf. 26 ist der durch Auslaufversuche ermittelte Laufwiderstand des Wagens aufgetragen, der verhältnismäfsig hoch erscheint.

Der Brennstoffverbrauch der beiden Motoren war annähernd derselbe. Ein Vergleich des Brennstoffverbrauchs der beiden Motoren und damit die Überwachung der Wirtschaftlichkeit des Betriebes ist durch getrennte Anordnung der Brennstoffbehälter für jeden Motor erheblich erleichtert.

Die vorstehenden Versuchsergebnisse wurden mit dem vierachsigen Benzolwagen erzielt, bei dem die Steuerung und Schaltung sowohl des Wende- als auch des Wechselgetriebes durch elektrische Hilfsmotoren betätigt wurden. Da jedoch die Schalt- und Steuermotoren nicht vollkommen betriebssicher arbeiteten, ist bei den nächsten Wagen die oben beschriebene elektropneumatische Steuerung eingebaut worden, von der man annehmen kann, dafs sie sich im Betriebe gut bewähren wird.

Einer der noch zu liefernden Wagen wird mit einem Sauggasgenerator der Firma Pintsch ausgerüstet; die Betriebsergebnisse können jedoch erst Ende dieses Jahres vorliegen.

Alles in allem stellen die vierachsigen Triebwagen der Wumag mit der Unterbringung einer Leistung von rund 180 PS in zwei Drehgestellen und der gemeinsamen Steuerung der beiden Triebdrehgestelle eine bemerkenswerte Lösung im Triebwagenbau dar.

Der neue Speichertriebwagen der Reichsbahn.

Von Dr. **Trautvetter**, Berlin-Südende.

Die Deutsche Reichsbahn-Gesellschaft hat eine Anzahl neuer Speichertriebwagen in Betrieb genommen, die hinsichtlich des Gewichtes und des Raumbedarfes der Batterie einen wesentlichen Fortschritt gegenüber den bisher verwendeten darstellen.

Die Verbesserungen liegen im Aufbau der Elektrizitätsspeicher und bewirken eine wesentliche Steigerung ihrer Kapazität. Dadurch und durch Fortschritte im Wagenbau gelang es fast von Jahr zu Jahr den Fahrbereich der Speichertriebwagen bedeutend zu steigern. Die ersten Wagen legten mit einer Batterieladung durchschnittlich 44 km zurück, von der Verkehrsausstellung in München im Jahre 1925 aus durchfuhr aber ein Speichertriebwagen ohne Nachladung seiner Batterien etwa 422 km Strecke. Solche Fahrleistungen werden im regelmäfsigen Dienst der Reichsbahn nicht verlangt. Man stattet deshalb die neueren Triebwagen nur mit Batterien für einen Fahrbereich von 200 km aus.

Infolge der hohen Batterieleistungen ist es für gewöhnlich nicht nötig, den Triebwagen tagsüber zum Laden aus dem Verkehr zu ziehen, es wird vielmehr das Laden fast stets nachts vorgenommen werden können. Da dieser Nachtstrom gewöhnlich wesentlich billiger ist als der Tagstrom, sinken auch die Selbstkosten für den Fahrkilometer.

Trotz der Erhöhung der Kapazität der Batterien erzielte man eine Verminderung ihrer Abmessungen. Bei den bis vor kurzem hauptsächlich bei der Reichsbahn eingeführten zweiteiligen und dreiteiligen Speichertriebwagen befanden sich die Batterien ausschliefslich in besonderen Vorbauten an den Stirnseiten der Wagen. Ihres hohen Gewichtes wegen mufste man unter den Vorbauten zwei Laufachsen mit geringem Abstand voneinander anordnen. Von der ganzen Wagenlänge gingen die beiden Vorbauten als Nutzfläche verloren. Das Gewicht für die Platzeinheit, das einen Mafsstab für die Beförderungskosten für einen Fahrgast abgibt, war recht hoch; es betrug bei den zweiteiligen Triebwagen bis zu 640 kg. Bei den neuen, von der Waggonfabrik Görlitz, der Siemens-Schuckertwerke und der Akkumulatorenfabrik A.-G. erbauten, aus zwei dreiachsigen Wagen zusammengesetzten Doppeltriebwagen befinden sich die Batterien nicht mehr ausschliefslich in zwei Vorbauten, sondern sind in 2 × 5 Behältern an den Längs- und Stirnseiten der beiden Wagen des Doppeltriebwagens untergebracht.

An jeder Längsseite eines Einzelwagens sind zwei eiserne Batteriekästen mit den Hauptträgern des eisernen Untergestells zusammengebaut. Jeder Kasten nimmt 17 Elemente auf. Je zwölf Elemente werden von den Stirnseitenbehältern aufgenommen. Dadurch wurde es möglich, die drei Wagenachsen gleichmäfsig, mit 4,60 m Abstand, unter den Wagen zu verteilen. Die beiden ersten Achsen sind Laufachsen, die dritte wird von einem 100 PS Siemens-Motor (74 kW bei 310 Volt) angetrieben.

Der neue Doppeltriebwagen hat ein Dienstgewicht von 70 t. Die ältere Bauart wog je nach Fahrbereich bis zu 69 t. Die Nutzfläche beträgt jetzt aber 68 qm gegenüber 48 qm; das Einheitsgewicht hierauf bezogen also nunmehr 1,03 t/qm gegenüber 1,44 t/qm und das Gewicht für den Platz 457 kg.

Die Batterien bestehen aus insgesamt 168 Elementen. Sie haben eine Kapazität von 621 Ah bei 311 Amp. Entladestrom und von 830 Ah bei 166 Amp. Die Motoren haben Schützensteuerung. Die Fahrschalter konnten infolgedessen verhältnismäfsig klein gehalten werden, ihre Bedienung wurde sehr einfach und ihre Lebensdauer durch Fortfall unter Starkstrom zu betätigender Kontakte erhöht. Aufserdem wird durch die Schützenanordnung die Vielfachsteuerung mehrerer Wagen von einem Führerstande aus möglich.

Im März 1926 veranstaltete die Reichsbahn Versuchsfahrten mit den neuen Triebwagen, die sehr befriedigend ausfielen. Es wurden zahlreiche interessante Messungen und Berechnungen vorgenommen, von denen das Wichtigste hier kurz wiedergegeben sei.

Der Fahrbereich bei den Probefahrten betrug stets über 200 km. Die Reichsbahn hatte von den Herstellern aber nur 200 km auf wagrechter Strecke von einem Doppelwagen ohne Anhänger verlangt. An den Kupplungsenden der Wagen sind noch Unterbringungsmöglichkeiten für Batterien vorhanden, so dafs man mit den neuen Triebwagen u. U. auch 250 km zurücklegen kann.

Die Geschwindigkeit des Wagens betrug bei Fahrstufe 11 in der Wagrechten 64 km/h; bei 20 ‰ Steigung beträgt sie auf derselben Fahrstufe noch 34 km/h. Zum Vergleich mit anderen Triebwagen wurden folgende Kurven aufgenommen: Wattstundenverbrauch einschliefslich Batteriewirkungsgrad, Wattstundenverbrauch aus der Batterie und Gesamtwirkungsgrad einschliefslich Batteriewirkungsgrad. Die Beförderungsarbeit wurde aus dem Wagenwiderstand bei Auslaufversuchen ermittelt. Der Batteriewirkungsgrad wurde zu 72 % angenommen. Der Gesamtwirkungsgrad zwischen Ladeanschlufs und Radumfang ergab dich daraus bei $^1/_2$ bis $^9/_{10}$ Belastung zu 63 bis 66 %. Weitere Messungen und Berechnungen der Fahrbereiche bei verschiedenen Fahrgeschwindigkeiten und verschiedenen Schalterstufen, des Stromverbrauchs bei wechselnden Stationsabständen, verschiedenen Schaltweisen usw. gaben neue Fingerzeige für den Speichertriebwagendienst. Besonders sei noch hervorgehoben, dafs die Untersuchung über den spezifischen Bahnwiderstand der neuen Bauart bemerkenswert günstige Ergebnisse zeitigte. So konnte das Versuchsamt Grunewald der Deutschen Reichsbahn, das die Versuche ausführte, feststellen, dafs der Bahnwiderstand je qm Nutzgrundfläche beim Speichertriebwagen bei 60 km/h trotz des höheren Gewichtes nur ebenso grofs war wie bei dem Benzoltriebwagen *).

*) Ausführlichere Beschreibung siehe Zeitschr. Elektr. Bahnen, Heft 9, 1926.

Die gufseisernen Stopfbuchspackungen.

Von Reichsbahnrat **Dannecker**, Reichsbahn-Ausbesserungswerk Esslingen.

Die Frage der Stopfbuchspackungen für Lokomotiven ist von vielen Eisenbahnen lange Zeit recht stiefmütterlich behandelt worden. Versuche auf diesem Gebiet wurden in der Regel den örtlichen Dienststellen überlassen, die mit der Unterhaltung der Lokomotiven betraut waren. Eine raschere und gedeihliche Entwicklung war unter diesen Umständen nicht zu erwarten. Sie kam erst mit der Einführung des Heifsdampfes durch Wilhelm Schmidt, als die älteren Weich- und auch Weichmetallpackungen den neu eingeführten hohen Dampftemperaturen nicht mehr gewachsen waren. Es ist unter diesen Umständen verständlich, dafs auch die über die Stopfbuchsfrage vorhandene Literatur nur spärlich ist; auch im »Organ« ist beispielsweise in den letzten 25 Jahren kaum etwas darüber zu finden. Ein kurzer Rückblick auch auf die bisherige Entwicklung scheint daher angebracht in dem Augenblick, wo der in den beiden letzten Jahrzehnten fast ausschliefslich verwendeten Schmidtschen Weichmetallpackung in der gufseisernen Packung ein ernsthafter Wettbewerber entsteht; diese selbst ist andererseits vielfach noch recht wenig bekannt.

Wenn man zunächst die Ansprüche festlegen will, die an eine brauchbare Stopfbuchspackung gestellt werden müssen, so lassen sich diese unter zwei weiten Gesichtspunkten zusammenfassen: eine solche Packung mufs zuerst betriebssicher und dann auch wirtschaftlich sein. Die Betriebssicherheit verlangt in erster Linie, dafs eine Zerstörung während des Betriebes — abgesehen von äufseren Einwirkungen — unbedingt ausgeschlossen ist, d. h. hoher Druck oder die höchste vorkommende Dampftemperatur dürfen auf den Packungsstoff nicht schädlich einwirken. Auch leichteres Durchblasen beeinträchtigt die Betriebssicherheit, wenn der austretende Dampf der Mannschaft die Aussicht auf die Strecke und die Signale benimmt, wie dies vor allem in der kälteren Jahreszeit öfters vorkommt. Die Wirtschaftlichkeit wird beeinflufst vor allem durch die Lebensdauer der Packung, dann aber auch durch die Art ihres Ein- und Ausbaus, die Häufigkeit etwa erforderlichen Nachverpackens oder sonstiger Nacharbeiten, den Verschleifs der Kolbenstange und schliefslich durch die auftretenden Dampfverluste bei Undichtheiten.

Die ältesten Lokomotivpackungen waren die von den damaligen ortsfesten Dampfmaschinen übernommenen Hanfpackungen; man flocht den Hanf meist zu Zöpfen und tränkte diese mit einem Schmiermittel. Daraus entwickelten sich mancherlei Faserpackungen, vor allem Schläuche, die mit Seifenstein (Talkum) gefüllt waren, um eine gewisse Schmierung zu erzielen. Diese Packungen genügten wohl bei den niederen, meist nur 5 bis 7 at betragenden Dampfdrücken der Lokomotiven in den ersten Jahrzehnten des Eisenbahnbetriebes, zeigten sich aber den erhöhten Anforderungen nicht mehr gewachsen, als von den siebziger Jahren ab die Dampfdrücke allmählich auf 9 bis 12 at anstiegen. Die mit dem gesteigerten Druck verbundenen höheren Temperaturen brachten das Dichtungsmaterial zum Verkohlen und zerstörten es rasch. Man ging daher zur Verwendung von Asbestschnüren an Stelle der Hanfseile über und diese Art der Dichtung hat sich für Nafsdampflokomotiven noch bis in die jüngste Zeit herein behaupten können. Sie hat aber den grofsen Nachteil, dafs die Asbestschnur leicht verhärtet und damit ihre Elastizität einbüfst. Als Folge zeigt sich starke Riefenbildung an den Kolbenstangen und auch bei häufiger Erneuerung ist die Packung dann schwer dicht zu bekommen. Der Ausbau derartiger verhärteter Packungen gestaltet sich zudem meist recht schwierig. Wenn ein Auspressen unter Druck nicht möglich ist, mufs oft der Meisel zu Hilfe genommen werden. Dafs die schlechten Packungsstoffe, die während des Krieges und in der Nachkriegszeit verwendet werden mufsten, besondere Schwierigkeiten machten, soll noch besonders hervorgehoben werden. Ähnlich lagen die Verhältnisse naturgemäfs bei den Weichmetallpackungen; so hat der Krieg die Entwicklung der gufseisernen Packungen stark fördernd beeinflufst.

Asbestpackungen in Schnurform werden heute vor allem noch an den Kesselausrüstungsteilen sowie zur Abdichtung der Stopfbuchsen an den Luft- und Wasserpumpen der Lokomotiven verwendet; obwohl ihre Beseitigung aus den erwähnten Gründen an sich erwünscht wäre und erstrebt wird, ist sie doch nicht ohne weiteres möglich. Für viele Fälle, unrunde Stangen, rasche Ausbesserungen während des Betriebes und ähnliches,

ist die Packung für die Nafsdampfstopfbuchsen heute noch nicht völlig zu entbehren.

Die angeführten Anstände haben schon vor der Einführung des Heifsdampfes zur Verwendung von Metallstopfbuchsen geführt. Man benutzte als Dichtungsmaterial meist Blei- oder Weifsmetallringe verschiedener Zusammensetzungen; sie im einzelnen aufzuführen, würde hier zu weit führen. Die Ringe sind entweder geteilt und haben rechteckigen Querschnitt; sie werden dann mittels leichter Federn ebenso wie die neuen, weiter unten beschriebenen gufseisernen Ringe, gegen die Kolbenstange geprefst — dies ist in Amerika vielfach üblich *) —; oder aber sie werden mit dreieckigem Querschnitt ausgeführt und dann mittels starker, in Richtung der Kolbenstange wirkender Federn abwechslungsweise gegen die Stange und die Wand der Stopfbuchsenbohrung gedrückt — Patente Katzenstein und Howald —. Einige Beispiele derartiger Weifsmetallpackungen für Nafsdampflokomotiven zeigt auch die »Eisenbahntechnik der Gegenwart« **). Durch die fast restlose Einführung des Heifsdampfes sind diese Packungen, wie man weiter unten sieht, in ihrer ursprünglichen Form ziemlich verdrängt worden. Bei einer dritten Ausführung von Huhn, Berlin, der sogenannten Huhnschen Hohlringpackung, werden hohle, mit Graphit gefüllte Bleiringe mittels der Stopfbuchsbrille gegeneinander und gegen die Stange gedrückt. Die Ringe sind im Innern mit Bohrungen versehen, damit der Schmierstoff gegen die Stange austreten kann. Diese Packung wird neuerdings an den Luft- und Wasserpumpen der Lokomotiven vielfach verwendet.

Mit dem Auftreten des überhitzten Dampfes nahmen die Schwierigkeiten zu, da auch das Weifsmetall den hohen Dampftemperaturen nicht immer gewachsen war. Um die Weifsmetallpackung trotzdem verwenden zu können, hat Schmidt verschiedene Änderungen an ihr vorgenommen. Die Dichtungsringe wurden von ihm möglichst weit vom Zylinder entfernt angeordnet; die Hülse, die zur Aufnahme der Weifsmetallringe und des gufseisernen Grundringes dient, ist zur Kühlung mit einem luftdurchspülten Hohlraum umgeben. Auch ist für allseitige Beweglichkeit und selbsttätige Nachstellbarkeit der Dichtungselemente gesorgt.

Sofern diese Packung hinreichend geschmiert werden kann, keine Staubteile an die Stange treten und diese nicht durch Einwirkung von aufsen her beschädigt wird, halten die Weifsmetallringe durchschnittlich Laufzeiten von 30 000 bis 40 000 km aus, obwohl die Federkraft sie ziemlich stark auf die Stange prefst. Die Stange aber erleidet auch bei sorgfältiger Schmierung unliebsame Abnützung. Dies gilt besonders dann, wenn sie geringe, von der Mittellinie abweichende, vibrierende Bewegungen macht, was sich bei den leichter gebauten Lokomotiven selten ganz vermeiden läfst. Die Packung wird in diesem Fall ziemlich rasch ausgeschlagen; der durch die Öffnung durchtretende Heifsdampf beeinträchtigt dann die Schmierung und das Weifsmetall kommt leicht zum Ausschmelzen. Nach Einführung der Riggenbach-Bremse, bei welcher Luft in die Zylinder gesaugt und dort verdichtet wird, wobei Temperaturen bis über 400° C im Bereich der Möglichkeit liegen ***), mufste vollends nach einem Ersatz für die hierfür nicht mehr genügende Weifsmetallpackung gesucht werden. Der Weg dazu war gewiesen durch die ortsfesten Dampfmaschinen, an denen gufseiserne Stopfbuchspackungen schon länger in Verwendung waren. Bei solchen Packungen mufste eine Schädigung durch die im Lokomotivzylinder möglichen Temperaturen ausgeschlossen sein.

*) Locomotive Cyclopedia of American Practice, 7. Ausgabe, S. 481.

**) ETG, 3. umgearbeitete Auflage, S. 566 und 567.

***) Organ 1924, S. 98: Nordmann, „Der Eisenbahnbetrieb auf Steilrampen".

Die gufseisernen Packungen sind gegen Ende des vorigen Jahrhunderts aufgetaucht, zunächst nach Patenten von Gustav Huhn in Berlin und Vinzenz Schwabe in Brünn; an der späteren Weiterentwicklung waren Robertson, Böhmke, Kreisinger, Kiefselbach und andere beteiligt. Meist wurden die gufseisernen Ringe, die als eigentliches Dichtungselement aus drei oder mehr Teilen zusammengesetzt und durch eine Schlauch- oder Bandfeder zusammengehalten waren, in rechtwinkligen Kammerwinkeln gelagert. Zwischen Ringen und Kammerwinkeln war so viel Spiel vorgesehen, dafs die Dichtungsringe der Stange folgen konnten, wenn diese aus ihrer Mittellinie ausweichen sollte. Es zeigte sich, dafs das Gufseisen auf dem Material der Kolbenstangen, wenn dieses die nötige Festigkeit hatte, vortrefflich lief. Die Packungen bewährten sich. An doppeltwirkenden Gasmaschinen, bei denen sehr hohe Temperaturen auftreten und wo die zusätzliche Schmierung durch den Dampf selbst vollständig wegfällt, konnten die grofsen Schwierigkeiten erst mit Packungen dieser Art behoben werden. Bei ortsfesten Dampfmaschinen haben sie sich — vor allem auch infolge des Mangels an Weifsmetall während des Krieges — sehr rasch eingeführt. Sie haben sich vor allem auch in solchen Fällen bewährt, wo starke seitliche Bewegungen der Kolbenstangen bei anderen Packungsarten Schwierigkeiten machten, wie beispielsweise bei den allerschwersten Walzenzugmaschinen.

Bei den Lokomotiven wurde die gufseiserne Packung ebenfalls zunächst mit Kammerwinkeln ausgeführt. Wenn man die Kammern ohne genügendes Spiel in die Bohrungen der Zylinderdeckel einsetzte, war es indessen schwierig, die Packung wieder auszubauen, weil infolge der Verkokung von Ölrückständen unter der Einwirkung des Heifsdampfes die Ringe gerne festbrannten. Die Packungen wurden dabei vielfach zerstört. Sie bewährten sich an sich wohl recht gut; ihre Verwendung konnte aber, so lange diese Ausbauschwierigkeiten bestanden, nicht als wirtschaftlich angesprochen werden. Eine für den Lokomotivbetrieb voll geeignete Packung mufste sich rascher aus- und auch einbauen lassen, als dies bei der Kammerwinkelpackung möglich war, wo zudem zum Einbringen der Kammerwinkel bei der hinteren Stopfbuchse jedesmal der Kreuzkopf abgebaut werden mufste. Man ersetzte daher die losen Kammerwinkel durch einen zweiteiligen Topf, der als Ganzes in den Zylinderdeckel eingesetzt wurde und die Dichtungsringe aufnahm. Diese Entwicklung der gufseisernen Packung zur sogenannten Halbschalenpackung geht in der Hauptsache auf Huhn und Kreisinger zurück.

Im Packungstopf sind die bisherigen Kammerwinkel durch eingegossene Rippen ersetzt. Damit ergibt sich als ein Hauptvorteil dieser Packungsart zugleich eine Verminderung der zugehörigen losen Teile, die erfahrungsgemäfs bei den Betriebswerken leicht beschädigt werden oder verloren gehen. Die zweiteiligen Töpfe werden mit genügendem Spiel in die Bohrung des Zylinders eingesetzt, so dafs ein Festbrennen nunmehr ausgeschlossen ist. Die beiden Halbschalen sind dampfdicht aufeinanderpassend geschliffen; der den Halbschalentopf frei umspülende Dampf drückt die Schalen mit ihren achsialen Flächen fest gegeneinander, weil im Innern des Topfes wegen der abdichtenden Wirkung der Ringe ein geringerer Druck herrscht als auf der äufseren Topffläche. Wesentlich bei jeder Halbschalenkonstruktion ist es, dafs die ebenen, ringförmigen Dichtungsflächen an den angegossenen Rippen bei beiden Topfhälften genau in einer Ebene liegen und sich nicht gegeneinander verschieben können. Hierzu sind die Schrauben, welche die Halbschalen zum leichteren Ein- und Ausbau zusammenhalten, zuerst als Pafsschrauben ausgebildet worden; später wurden besondere Pafsstifte vorgesehen.

Zur Befestigung der Packung im Zylinderdeckel war bei der ursprünglichen Huhnschen Bauart zunächst ein besonderer

Flansch an die Halbschalen angegossen, der durch Abschleifen oder Hinterlegen von Flanschendichtungsmaterial nach aufsen abgedichtet wurde. Zum Ausbau der Packung brauchte man dann nach Entfernung der Flanschenschrauben nur zwei Abdruckschrauben anzusetzen; ohne Entfernen des Kreuzkopfs läfst sich so die ganze Packung selbst in heifsem Zustand in kurzer Zeit ausbauen, mit Petroleum reinigen und im allgemeinen ohne viel Nacharbeiten wieder einbauen. Textabb. 1 zeigt eine derartige Halbschale der älteren Huhnschen Bauart aus einer bayerischen Schnellzuglokomotive. Nach Zurücklegung von rund 100 000 km waren die Dichtungselemente verkrustet und verschmutzt, wie zwei von den Kammerbesetzungen zeigen. Ebenso war der Halbschalentopf aufsen völlig verkrustet. Der Topf wurde mittels der Abdruckschrauben innerhalb weniger Minuten entfernt. Nach gründlicher Entfernung der koksartigen Verkrustung (siehe die dritte Kammerbesetzung) liefs sich die Packung ohne weiteres wieder verwenden. In derselben Weise können auch die neueren Packungen aus- und eingebaut werden. Packungen nach Textabb. 1 sind schon bei verschiedenen Bahnen im Ausland in Verwendung.

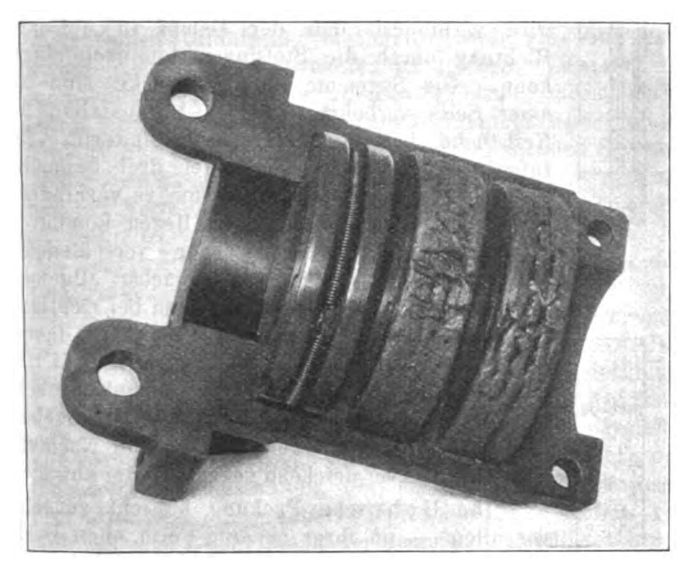


Abb. 1

Um die Eigenschaften der verschiedenen Bauarten kennen zu lernen, verwendete man bei der Deutschen Reichsbahn zunächst Packungen der verschiedenen Lieferfirmen nebeneinander, die sich ursprünglich nicht nur in der Bauart der Dichtungsringe, sondern auch in deren Abmessungen und in der Bauart der sie aufnehmenden Kammern unterschieden. Das System der Kammerwinkel wurde zuerst ausgeschieden und schliefslich entschied man sich für die allgemeine Einführung von Dreikammerhalbschalen in Anlehnung an die Ausführung von Huhn, jedoch mit der Einschränkung, dafs in diese Halbschalen auch andere Ringsysteme eingebaut werden sollten. Während also die grundsätzliche Bauart der Halbschalen für alle Lokomotivgattungen schon jetzt festgelegt ist, bestehen für die Dichtungselemente bis auf weiteres noch verschiedene Ausführungen, die nebeneinander erprobt werden sollen, mit dem Ziel, auch hier auf Grund der Betriebsversuche schliefslich zu einer Einheitsausführung zu gelangen. Bei den Halbschalen sollte aufserdem an Stelle des angegossenen, geteilten Flansches ein besonderer, ungeteilter Druckring zur Befestigung am Zylinderdeckel dienen. Die Halbschalen werden auch, wie schon oben erwähnt, jetzt nicht mehr durch Pafsschrauben, sondern durch Mutterschrauben zusammengehalten und durch schlanke, konische Pafsstifte gegen Verschieben gesichert. Der stärkere Teil der Pafsstifte ist mit der Halbschale unlösbar verbunden. Die Halbschalen werden sämtlich auf die Zylinderdeckel aufgeschliffen. Zum Ausbau benutzt man wie bei der ersten Ausführung Abdruckschrauben; ein Entfernen des Kreuzkopfes ist hierzu ebenfalls nicht erforderlich. Textabb. 2 zeigt diese neue Halbschaleneinheitsbauart der Reichsbahn, die schon an mehr als 1000 Lokomotiven eingebaut worden und an einer noch gröfseren Anzahl als ein Teil der in Aussicht genommenen Normung zum Einbau vorgesehen ist. Unter anderem haben sämtliche mit Riggenbach-Bremse ausgerüsteten Lokomotiven und die neuen Einheitslokomotiven diese Packung erhalten*).

Die Halbschalen werden nach Toleranzmafsen hergestellt und sind jeweils für möglichst viele Lokomotivbauarten gleich und austauschbar, um mit einer geringstmöglichen Anzahl von Ersatzteilen auszukommen. Für fast sämtliche neueren Lokomotiven der früheren preufsischen Staatsbahn genügt beispielsweise je eine einzige Topfform für die vordere und hintere Stopfbuchse. Die Lokomotiven der früheren Länderbahnen erfordern dagegen z. T. noch verschiedene Modelle. Beim erstmaligen Einbau in ältere Lokomotiven ist zunächst zu prüfen, ob der Packungsraum im Zylinderdeckel mit den in den Zeichnungen festgelegten Mafsen übereinstimmt. Ist dies nicht der Fall, so müssen die Zylinderdeckel nachgearbeitet werden, keinesfalls aber die Schalen, da sie sonst die Austauschfähigkeit verlieren. Ebensowenig dürfen die Betriebswerke Änderungen an den Schalen vornehmen, die übrigens auch gar nicht erforderlich werden sollen.

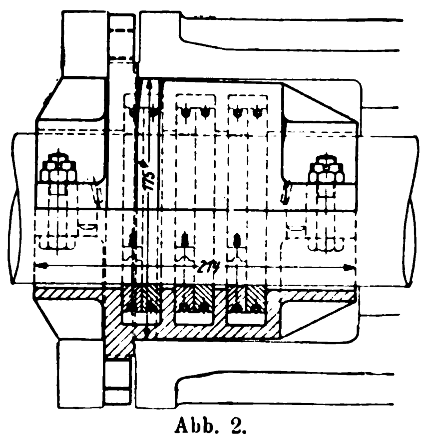


Abb. 2.

Um unbrauchbare Lieferungen von vornherein auszuscheiden, hat die Reichsbahn besondere Bedingungen für die Abnahme der Halbschalen aufgestellt. U. a. sind dieselben, um Spannungen im Gufs auszugleichen, nach dem Vorschruppen auf 400 bis 450° C auszuglühen und dann langsam erkalten zu lassen. Für den Gufs ist eine Härte von mindestens 165 ± 15 BE vorgeschrieben. Die fertigen Halbschalen werden paarweise zusammengehörig mit 19 at Wasserdruck auf Dichtigkeit geprüft. Dabei müssen sich die Trennfugen als dicht erweisen. Schliefslich wird noch die Mafshaltigkeit mit Lehren geprüft. Man wird also bei dem Halbschalentopf mit ziemlich unbeschränkter Haltbarkeit rechnen können. Es mag hier noch erwähnt werden, dafs ein vollständiger Packungstopf mit Ringen z. Zt. etwa 100.— RM. kostet.

Bei dem eigentlichen Dichtungselement, den Dichtungsringen, ist man, wie schon oben erwähnt, zu einer einheitlichen Ausführung noch nicht gelangt. Es wurden vielmehr bis jetzt vier verschiedene Bauarten von den Firmen Huhn in Berlin, Sack und Kiefselbach in Düsseldorf, von d. Osten und Kreisinger in Hamburg und Klauber und Simon in Dresden zu ausgedehnten Betriebsversuchen herbeigezogen. Die verschiedenen Ringformen brauchen nur insoweit gleich zu sein, als sie alle in die Kammern der Halbschalen passen müssen; im übrigen gehen die Firmen mehr oder weniger verschiedene Wege. Textabb. 3 zeigt die vier verschiedenen Bauarten.

Bei der Bauart der Firma Huhn wird ein dreiteiliger mit Überlappungen versehener Dichtungsring durch eine Schlauchfeder gegen die Kolbenstange gedrückt. Um an den Teilfugen,

*) ZVDI. 1926, S. 1737: F. Fuchs und R. P. Wagner, „Die 2C1-Einheits-Schnellzuglokomotive der Deutschen Reichsbahn".

die anfangs nicht sauber schliefsend hergestellt werden konnten, ein Durchtreten des Dampfes zu verhindern, ist gegen die mit den Überlappungen der Stopfbuchsenaufsenseite zugekehrte Fläche eine bei der vorderen Stopfbuchse ungeteilte, bei der hinteren Stopfbuchse wegen des einfacheren Ausbaus geteilte und durch eine Schlauchfeder zusammengehaltene Deckscheibe gelegt. Ring und Deckscheibe sind gegeneinander dampfdicht geschliffen. Ein Dichtelement besteht sonach bei der vorderen Stopfbuchse aus fünf, bei der hinteren aus sieben losen Teilen. Neuerdings verzichtet Huhn, um die Zahl der losen Teile zu verringern — was an sich allerdings erwünscht ist, wie schon oben bei der Kammerringpackung erwähnt wurde — auf die besondere Deckscheibe. Durch sorgfältigere Herstellung sollen die Überlappungen an den Teilstellen so dampfdicht sein, dafs sie selbst für Drücke bis zu 18 at genügen sollen. Es mag hier gleich vorweg gesagt sein, dafs die Versuche, die mit dieser letzteren Packung vorgenommen werden, noch nicht so weit gediehen sind, dafs sie ein abschliefsendes Urteil gestatten würden.

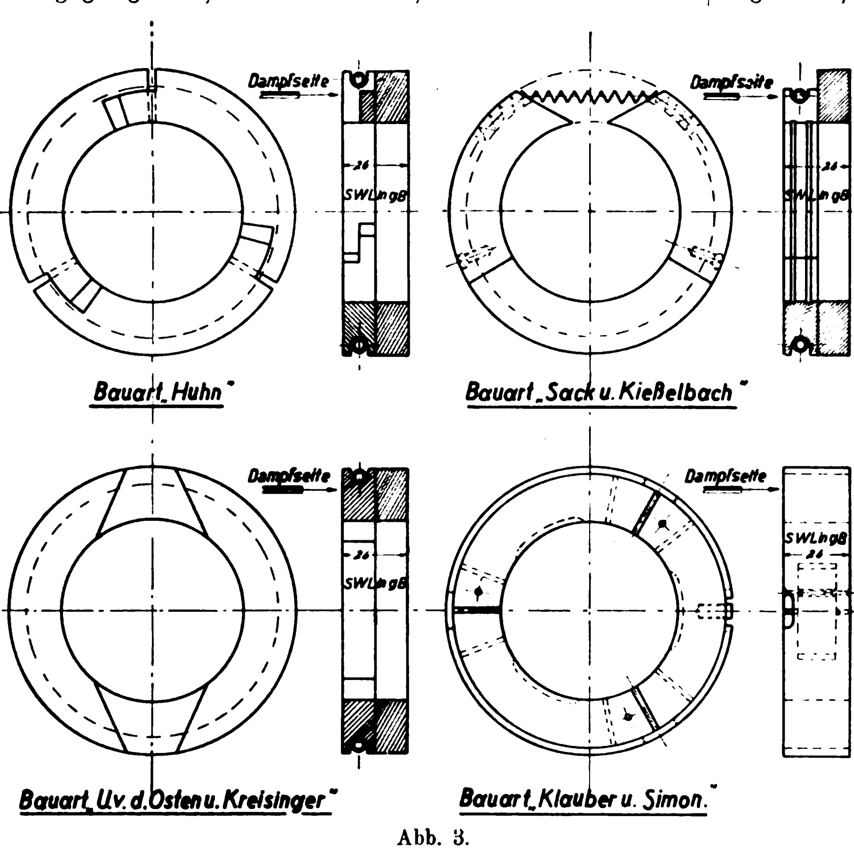


Abb. 3.

Bei der Bauart Sack und Kiefselbach besteht das Dichtungselement ebenfalls aus einem dreiteiligen Ring und einem Deckring. Der dreiteilige Ring hat oben eine offene Fuge, die beiden seitlichen Ringteile werden durch eine Schlauchfeder auf den unteren Teil zwangsweise aufgezogen. Auf der Fuge dichtet ähnlich wie bei Huhn der auf der Stange aufliegende Deckring ab. Da der Schwerpunkt des dreiteiligen Ringes unterhalb der Mitte der Kolbenstange liegt, so bleibt die Trennfuge stets oben liegen. Beim Wiedereinbau kommen also die Ringe von selbst immer wieder so zu liegen, wie sie vorher gelegen haben. Dies gewährleistet auch bei unregelmäfsigem Stangenverschleifs dauernde Dichtheit. Es ist gleichgültig, wie breit die obere Trennfuge ist, nur mufs sie immer offen bleiben. Durch ihre eigenartige Form erfüllt sie diese Bedingung auch bei fortschreitender Abnützung. Weil es also auf die Breite des oberen Schlitzes innerhalb gewisser Grenzen nicht ankommt, ist die Packung gegen kleinere Unterschiede im Durchmesser der Kolbenstange gegenüber der Ringbohrung nicht sehr empfindlich.

Auch bei der Bauart von v. d. Osten und Kreisinger bestehen die Dichtungselemente aus je einem mehrteiligen Dichtungsring und einem — bei der hinteren Stopfbuchse geteilten — Deckring. Die Dichtungsringe sind viermal tangential zum Innendurchmesser geschnitten. Durch diesen Schnitt soll es möglich sein, die Ringe bis zu ihrem endgültigen Verschleifs ohne jede Nacharbeit laufen zu lassen. Die vier Ringstücke werden wieder durch eine Schlauchfeder zusammengehalten und leicht gegen die Kolbenstange gedrückt. Wenn sich die beiden gröfseren, sichelförmigen Ringteile an der Lauffläche abschleifen, so müssen die beiden Keilstücke infolge des schrägen Schnittes radial zur Stange selbsttätig folgen.

Abweichend von den drei erstgenannten Bauarten besitzt das »Infesto-Dichtelement der Firma Klauber und Simon keinen Deckring. Der Dichtungsring besteht hier aus drei Segmenten, drei Keilstücken und dem federnden Infestoring, der an Stelle der sonst verwendeten Schlauchfeder sämtliche Teile zusammenhält und gegen die Kolbenstange drückt. Die Stofsflächen der Dichtungselemente sind ausgefräst. Die Ausfräsungen nehmen die Keilstücke auf; dadurch wird verhindert, dafs der Dampf in achsialer Richtung durch die Stofsfugen hindurchdringen kann. Die Segmente und Keilstücke sind auf einer Seite verbohrt, um das Herausfallen der Keilstücke beim Einbau zu verhindern. Der Infestoring ist gegen eines der drei Segmente durch eine Schraube gesichert, um zu verhindern, dafs Stofsfuge auf Stofsfuge zu liegen kommt.

Bei der Beurteilung der verschiedenen Dichtungselemente wird man zunächst allgemein sagen können, dafs alle vier Bauarten bei richtigem und sorgfältigem Einbau sich bisher als dampfdicht erwiesen haben. Ein endgültiges Urteil läfst sich jedoch, so lange die Betriebsversuche noch nicht abgeschlossen sind, nicht abgeben. Immerhin lassen sich gewisse Vor- und Nachteile auch ohne dies vergleichend gegeneinander abwägen.

Die Huhnsche Packung besticht zunächst vor allem — in ihrer neueren Form ohne Deckscheibe — durch ihre einfache, dabei auch theoretisch einwandfreie Durchbildung. Es ist auch bei der neuen Ausführung ein falscher Einbau — bei allen Elementen mit Deckscheiben sollen diese stets auf der Aufsenseite liegen — nicht mehr möglich. Man mufs aber andererseits sagen, dafs jedenfalls eine saubere Herstellung der drei Überlappungen nicht ganz einfach ist. Aufserdem müssen diese bei stärkerer Abnützung — mehr als 3 mm im Durchmesser — nachgearbeitet werden, sofern sich nicht Anstände ergeben sollen. Derartige Nacharbeiten sollten aber, wenn irgend möglich, vermieden werden.

Im Gegensatz dazu ist beim Element von Sack und Kiefselbach die Herstellung wohl verhältnismäfsig einfach und Nacharbeiten scheinen auf den ersten Blick bei ihr kaum erforderlich zu werden. Die Sache wird aber etwas anders, wenn man genauer hinsieht. Die Verbindungsstellen der drei Ringteile werden bei stärkerer Abnützung des Ringes schliefslich nach aufsen hin klaffen; der Deckring kann diese Stellen nicht abdichten, da er nur oben aufliegt — seine Bohrung soll bei allen Bauarten 0,2 mm gröfser sein als der gemessene Stangendurchmesser —. So wird schliefslich, wenn man Undichtheiten vermeiden will, ein Nacharbeiten der Verbindungsstellen auch bei dieser Packung erforderlich werden.

Das Element von v. d. Osten und Kreisinger ist das einzige, welches ohne Nacharbeiten auch bei stärkerer Abnützung theoretisch dampfdicht bleibt; es dürfte darüber hinaus im

Gegensatz zu der Bauart Huhn auch bei der Herstellung keine Schwierigkeiten bereiten. Immerhin bleibt auch bei ihm als unerwünschte Beigabe der Deckring bestehen.

Die Infesto-Packung hat schliefslich den Nachteil, dafs beim Ausbau der hinteren Stopfbuchse entweder der naturgemäfs ungeteilte federnde Ring auf der Stange bleiben mufs und dafs, wenn dies nicht erwünscht ist, ähnlich wie bei den Kammerwinkelpackungen der Kreuzkopf mit abgebaut werden mufs. Im Betrieb hat es sich dann öfter gezeigt, dafs der Arbeiter, beim Ausbau, um das Abkuppeln des Kreuzkopfes zu umgehen, versucht, den Infestoring über die Kolbenstange wegzuziehen; der Ring, der für solche Beanspruchungen natürlich nicht entworfen ist, geht dabei entweder zu Bruch, oder verliert die erforderliche Spannung. Im übrigen ist die Packung auch ziemlich vielteilig und erfordert ebenfalls von Zeit zu Zeit — nach Abnützung von 2 mm im Durchmesser — Nacharbeiten. Die Packung scheidet in Zukunft für Neubeschaffung aus.

Die Wahl eines geeigneten Einheitselementes wird unter diesen Umständen, da jede der vorgenannten Ausführungen gewisse Nachteile aufweist, nicht ganz einfach sein. Man wird aber ohne Rücksicht darauf, welches Element die Reichsbahn zur allgemeinen Einführung bestimmen wird, gerechterweise sämtlichen Konstruktionen zuerkennen müssen, dafs sie der Gesamtentwicklung wertvolle Dienste geleistet haben; man braucht ja übrigens bei der kommenden Vereinheitlichung überhaupt nicht nur an die Auswahl eines der bestehenden Systeme zu denken; es kann eine solche Einheitsform auch unter Auswertung der Vorteile von verschiedenen Bauarten in einer neuen Bauart gefunden werden.

Da der richtige Einbau der Packung und besonders der Dichtungsringe nicht immer einfach, andererseits aber auch Vorbedingung ist für ein gutes Dichthalten, müssen dem Personal genaue Anweisungen dafür in die Hand gegeben werden. Die Reichsbahn hat zu diesem Zweck ein besonderes Merkblatt »Vorläufige Behandlungs- und Einbauvorschriften für gufseiserne Stopfbuchspackungen« aufgestellt, das alle erforderlichen Angaben für den Ein- und Ausbau der Stopfbuchsen, die Behandlung der ausgebauten Stopfbuchsen und für die Bestellung neuer Stopfbuchsen und deren Abnahme sowie eine Beschreibung der derzeitig verwendeten Ringsysteme enthält.

Wichtig ist vor allem, dafs sich die Kolbenstangen beim Einbau der Ringe in tadellosem Zustand befinden, dafs sie also nicht unrund und riefig sind. Vor dem erstmaligen Einbau der Packung müssen die Stangen daher sauber geschliffen werden. Nach dem Merkblatt ist dann der Durchmesser der geschliffenen Stange auf $^1/_{100}$ mm genau festzulegen; hiernach sollen die Dichtungsringe entsprechend ausgedreht werden. Dieses Ausdrehen war zunächst nur in den Lieferwerken der Ringe möglich; da sich hieraus unliebsame Verzögerungen beim Einbau und auch Schwierigkeiten für die Lagerhaltung der Ringe ergaben, ist neuerdings eine Einspannvorrichtung geschaffen worden, mittels deren auch die Ausbesserungs- und Betriebswerke die Ringe ausdrehen können. Obwohl übrigens das angeführte Ausdrehen der Ringe auf genaues Mafs erwünscht ist, mufs doch erwähnt werden, dafs es nicht unbedingt in der angegebenen Genauigkeit erforderlich ist, weil sich die Ringe, vor allem, wenn an der Gleitfläche wie bei der Bauart Sack und Kiefselbach Schmierrillen eingedreht werden, rasch einlaufen,

Auch für die Dichtungsringe sind besondere Abnahmebedingungen aufgestellt worden. Der Gufs soll dicht, ohne Poren und von gleichmäfsigem Gefüge sein; er soll ebenfalls eine Härte von 165 + 15 BE haben. Der Baustoff der Schlauchfedern soll aus nichtrostendem Stahldraht bestehen.

Schliefslich ist noch anzuführen, dafs hinsichtlich der Schmierung durch die Einführung der Halbschalenpackung Änderungen nicht erforderlich werden, da diese gegen ungenügende Schmierung wesentlich weniger empfindlich ist als die Weifsmetallpackungen. Nach den bisherigen Erfahrungen genügt vollkommen die übliche Zuführung von Heifsdampföl aus dem Innern des Zylinders. Auf die Zuführung von Öl auf der Aufsenseite der Stopfbuchse sowie auf die vielfach üblichen Filzringe kann ohne weiteres verzichtet werden. Letztere müssen mitunter schon deshalb entfallen, weil sie bei gedrängter Triebwerksanordnung öfters dem Einbau der neuen Stopfbuchsen im Wege stehen, wie sich dies bei Lokomotiven württembergischer Bauart teilweise gezeigt hat. Es mag bei dieser Gelegenheit noch erwähnt werden, dafs der Einbau der Packungen mit den genormten Halbschalen überhaupt nicht bei allen Lokomotivbauarten einfach sein wird; die Halbschalen sind zunächst auf die Form des Zylinderdeckels bei den Lokomotiven preufsischer Bauart durchgearbeitet worden, weil diese den gröfsten Teil des Bestands an Reichsbahnlokomotiven ausmachen. Wenn man ohne eine gröfsere Zahl von verschiedenen Modellen auch für die Lokomotiven der übrigen ehemaligen Länderbahnen auskommen will, wird man vielfach Änderungen an den Zylinderdeckeln, Aufschweifsarbeiten und ähnliches, mitunter sogar den Einbau ganz neuer Zylinderdeckel in Kauf nehmen müssen.

Die Lebensdauer der Dichtungsringe kann nach der verhältnismäfsigen kurzen Betriebszeit naturgemäfs zunächst nur überschlägig bestimmt werden; legt man ein drei- bis viermaliges Ausdrehen nach je etwa 100 000 km Fahrtleistung zugrund, so ergeben sich Laufzeiten von 300 000 bis 400 000 km, also etwa das zehnfache der Weifsmetallpackung. Mit den ersten, noch in Kammerwinkelstopfbuchsen eingebauten Ringen sind tatsächlich vereinzelt Leistungen bis über 500 000 km erreicht worden. Voraussetzung hierfür ist natürlich richtiger Einbau und sorgfältige Wartung der Stopfbuchse. Die Abnützung der Kolbenstange ist dabei geringer als bei der Weifsmetallpackung; sie ist übrigens in der Regel mehr auf die Tragbuchse als auf die Stopfbuchse zurückzuführen. Mit dem Nacharbeiten der Kolbenstange wird meist auch ein Ausdrehen der Ringe erforderlich werden; die oben angegebene Laufzeit wird dadurch im wesentlichen bestimmt.

Es mag zum Schlufs der Vollständigkeit halber noch erwähnt werden, dafs es auch nicht an Versuchen gefehlt hat, den Ersatz des Weifsmetalls durch Gufseisen in der Stopfbuchse auf anderem Weg zu suchen, nämlich in Anlehnung an die bisherige Schmidt'sche Heifsdampfpackung unter Verwendung von — allerdings geteilten — Ringen mit dreieckigem Querschnitt, die in der bekannten Weise durch Federkraft gegeneinander geprefst werden. Am bekanntesten ist von diesen Bauarten die Garbe-Häfner-Packung geworden. Die Kosten derartiger Packungen sind allerdings geringer, vor allem, wo bei älteren Lokomotiven eine Anzahl von Teilen von der bisherigen Schmidt'schen Packung übernommen werden kann. Die Packungen haben sich aber bei ausgedehnten Versuchen auf die Dauer nicht bewährt. Der Druck auf die Kolbenstange wird zu grofs, wenn der für ein Dichthalten erforderliche Federdruck auf die Ringe wirkt. Auch bei sorgsamster Schmierung — es ist besondere Schmierung mittels Schmierpumpe erforderlich — lassen sich dann Schäden an Stopfbuchse und Stange nicht immer vermeiden.

So ist es verständlich, dafs die Deutsche Reichsbahn an eine weitgehende Einführung gerade der Halbschalenpackungen herangegangen ist. Die guten Erfahrungen, die hinsichtlich der an erster Stelle stehenden Betriebssicherheit mit diesen Packungen gemacht worden sind und die bei den neuen Einheitslokomotiven, bei denen die Überhitzung noch höher gebracht worden ist als bisher, noch an Bedeutung gewinnen werden, rechtfertigen auf alle Fälle diesen Entschlufs. Für ein endgültiges Urteil hinsichtlich der Wirtschaftlichkeit — wobei

noch der Einbau in ältere Lokomotiven und in Neubaulokomotiven zu unterscheiden wäre — mufs zunächst der Abschlufs der laufenden Betriebsversuche abgewartet werden; die Wahl der Einheitsdichtungsringe, deren Beschaffungskosten und spätere Laufdauer werden auf ein solches Urteil besonderen Einflufs haben. Aller Wahrscheinlichkeit nach wird sich aber die neue Packung auch hinsichtlich der Wirtschaftlichkeit den älteren Packungsarten überlegen zeigen.

Die Tanganjikabahn.

Von Geh. Oberbaurat a. D. Prof. **F. Baltzer.**

Kurz vor Ausbruch des Weltkriegs wurde in dem damals noch deutschen Schutzgebiet von Ostafrika die Tanganjikabahn vollendet. Mit diesem ersten gröfseren Kolonialunternehmen hatte die Deutsche Kolonialverwaltung der Welt bewiesen, dafs sie aus den früheren Erfahrungen gelernt hatte und jetzt imstande war, derartige technische Aufgaben, unbeschadet der gebotenen Sorgfalt in Vorarbeiten und Bauausführung, in kürzester Frist sachgemäfs und wirtschaftlich durchzuführen. Mit gerechtem Stolz darf der deutsche Eisenbahntechniker auf diese Kolonialglanzleistung zurückblicken, und wenn auch heute Schutzgebiet und Eisenbahn sich nicht mehr in unserer Hand befinden, so erscheint es doch als eine vaterländische Pflicht, im deutschen Volke das Andenken an diese koloniale Schöpfung wachzuhalten.

Mit ihrer Vorgeschichte greift die Bahn zurück in die 90er Jahre des vorigen Jahrhunderts, eine Zeit, als in weiten Kreisen des deutschen Volkes noch wenig koloniales Verständnis und Interesse, noch weniger Bewilligungsfreudigkeit bei seinen berufenen Vertretern im Deutschen Reichstage vorhanden war. Nach dem von Oechelhäuser aufgestellten Entwurf von 1896 sollte die ostafrikanische Zentralbahn mit der schmalen Spurweite von 75 cm hergestellt werden, was glücklicher Weise später zugunsten der 1 m-Spur vermieden wurde. Wiederholt verwarf der Reichstag die Vorlagen der Regierung und erst 1904 wurde eine Konzession für die Eisenbahn von Daressalam nach Morogoro bewilligt; Bau und Betrieb wurden durch Gesetz vom 31. Juli 1904 an die Ostafrikanische Eisenbahngesellschaft übertragen. Aber in jener wenig kolonialfreundlichen Zeit mufste man noch das Mutterland mit einer dreiprozentigen Zinsbürgschaft auf das Anlagekapital der Bahn von 21 Millionen ℳ in Anspruch nehmen, um das Unternehmen finanziell in den Sattel zu heben. Die Bedenken des Reichstags aber wurden damit beschwichtigt, dafs man versicherte, die Bahn werde nur in den einfachsten Formen als »kurze Stichbahn« gebaut und der Reichstag behalte trotz der Bewilligung der Mittel wegen eines etwaigen Weiterbaues der Bahn vollkommen freie Hand in seinen künftigen Entschlüssen. Kluge Theoretiker hatten damals dem Reichstage vorgeredet, dafs in Afrika nur kurze Stichbahnen wirtschaftlich erfolgreich sein könnten, während grofse Überland- oder Erschliefsungsbahnen unfehlbar zur Unwirtschaftlichkeit verurteilt seien. Diesen thörichten Glauben an die »kurze Stichbahn« hat später, wie wir sehen werden, das deutsche Mutterland mit über fünf Millionen ℳ bezahlen müssen.

Die Ostafrikanische Eisenbahngesellschaft betraute die Bauunternehmung Philipp Holzmann in Frankfurt am Main mit der Bauausführung, und die Bauarbeiten begannen im Februar 1905. Zunächst erwiesen sich die Vorarbeiten in dem unübersichtlichen, zum Teil dicht bewaldeten Gelände als recht schwierig und zeitraubend, die Baufortschritte wurden durch die heftigen, lange anhaltenden Niederschläge stark beeinträchtigt, auch herrschte zeitweilig empfindlicher Arbeitermangel. Der Bahnbau, 209 km, wurde im Oktober 1907 vollendet und der damalige erste deutsche Kolonialstaatssekretär Dernburg befuhr auf seiner ostafrikanischen Studienreise am 9. Oktober 1907 die ganze Linie, um sie feierlich einzuweihen. In Morogoro fand abends ein Festmahl statt, bei dem der Staatssekretär in bedeutungsvoller Aussprache vor geladenen Gästen und Kolonialfreunden sein neues Bahnprogramm für die deutschen Schutzgebiete in Afrika, besonders auch für den Weiterbau der Bahn nach Tabora darlegte. Während der Festrede Dernburgs brachen zwei Löwen in den Schweinekral des Gastwirts ein, in dessen Festräumen die Feier stattfand. So nahe beieinander lagen damals noch Kultur und Wildnis!

Die Aufstellung des kolonialen Eisenbahnprogramms war eines der wichtigsten Ergebnisse der Studienreise des Kolonialstaatssekretärs, und die Fortführung der Bahn nach Tabora sowie die Übernahme der Mehrheit der Anteilscheine der Ostafrikanischen Eisenbahngesellschaft auf den Landesfiskus von Ostafrika wurden in der grofsen Kolonialbahnvorlage vom Jahre 1908 als die wesentlichsten Forderungen beantragt. Diese Vorlage wurde von allen bürgerlichen Parteien des Reichstags mit seltener Einmütigkeit angenommen und in dem Anleihegesetz vom 18. Mai 1908 verabschiedet. Trotz des Erwerbs der Anteile auf den Fiskus liefs man die Eisenbahngesellschaft mit ihrer leicht beweglichen kaufmännischen Verwaltung als Privatunternehmen unangetastet bestehen und die Baufirma Holzmann übernahm den Bahnbau bis Tabora in Gesamtunternehmung. Sie führte diesen Bau im innern Afrika, 638 km, mit grofser Umsicht und Geschwindigkeit durch, so dafs die Gleisspitze bereits am 26. Februar 1912 Tabora erreichte und der Betrieb für den öffentlichen Verkehr bis Tabora, 847 km, am 1. Juli 1912, volle zwei Jahre früher, als der Bauvertrag vorsah, eröffnet werden konnte.

Diese Schnelligkeit der Bauausführung beruhte nicht sowohl auf der Zweckmäfsigkeit der allgemeinen Anordnungen, als besonders auf der geschickten Behandlung der Arbeiterfrage seitens der Unternehmung. Die im Lande ansässigen Unjamwesi, ein gesunder, durch Kraft und Körpergröfse ausgezeichneter Menschenschlag, stellten ein vortreffliches Arbeitermaterial; ihre Zahl erreichte in den Hauptbaujahren monatlich über 11000, im August 1911 stieg die Zahl sogar auf 15680. Schon frühzeitig wurde hier, ein Beweis für den geistigen Bildungsstand der Arbeiter, Stücklohn für die Erdarbeiten, im Steinbruch- und Schotterbetrieb eingeführt und die Eingeborenen erkannten bald, dafs sie dabei mehr verdienen konnten, als bei Zeitlohn; für die Unternehmung aber ergab sich der Vorteil, dafs gesteigerte, gleichmäfsigere Leistungen erzielt und die Überwachung der Arbeiten erleichtert wurde.

Nach Ausführung der Vorarbeiten für den Weiterbau der Bahn zum Tanganjikasee konnte man im Herbst 1911 die neue Bahnvorlage für diese Reststrecke im Reichstag einbringen. Die Mittel wurden durch Gesetz vom 12. Dezember 1911 bewilligt und die Arbeiten bis zum See sofort vergeben. Es war besonders wertvoll, dafs auf diese Weise jede Unterbrechung der Bauausführung vermieden und der Baufortschritt beschleunigt werden konnte. Diese Beschleunigung war damals geboten, weil die belgische Kongokolonie ihren Bahnbau vom Kongo in östlicher Richtung, die sog. Lukugabahn, zum See begonnen hatte und mit grofser Eile vortrieb, um den See womöglich früher als die deutsche Bahn zu erreichen: wäre ihr dies gelungen, so hätte leicht ein Teil des Handels dem natürlichen Einflufsgebiet der deutschen Kolonie entzogen und nach Westen abgeleitet werden können. Bei der Teilstrecke Tabora-Kigoma gelang es, die Linie noch etwas kürzer und günstiger als anfangs vorgesehen, zu führen, die früher geplanten drei Tunnelbauten völlig zu vermeiden und bei der Bauausführung erhebliche Ersparnisse gegen die Veranschlagung zu machen.

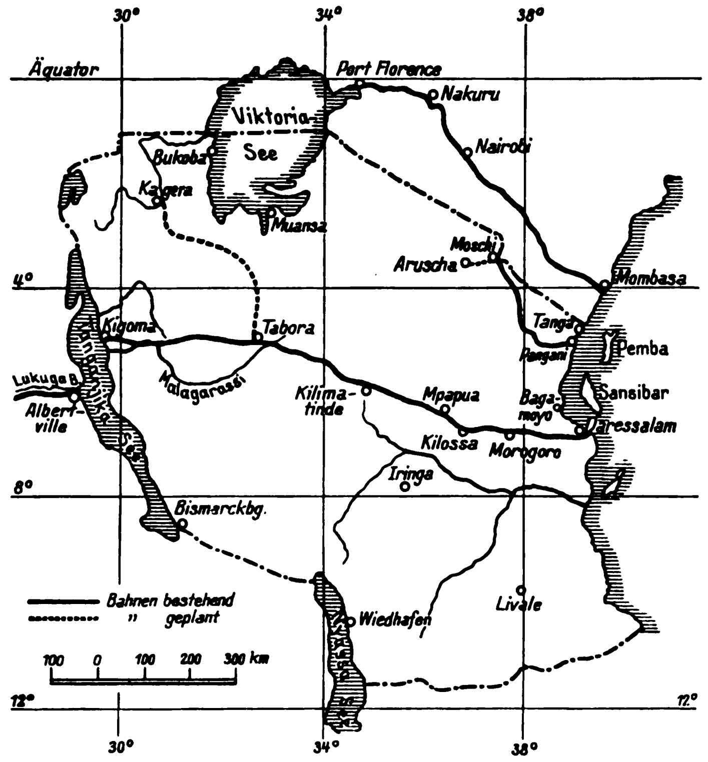
Mit der im Juli 1914 vollendeten Tanganjikabahn — vergl. den Übersichtsplan — erhielt das Schutzgebiet eine grofse Überlandbahn von rund 1250 km Länge, die die Ugandabahn, 940 km, die Sudanbahn Wadihalfa-Khartum, 917 km, in Oberägypten und die Stammbahn Lagos-Kano, 1146 km, der Nigerischen Bahnen an Streckenlänge hinter sich läfst. Ihre Länge entspricht etwa der Entfernung Berlin—Mailand und wird vom durchgehenden Zuge in $1^1/_2$ bis zwei Tagen zurückgelegt; früher dauerte die Karawanenreise von der Küste bis zum See sechs Wochen! Durch die Bahn wird der beste Hafen des Schutzgebiets mit der volkreichen Hauptstadt Tabora und dem grofsen Binnensee verbunden, der mit seiner 1400 km langen Uferlinie ein wertvolles Hinterland für den westlichen Endpunkt der Bahn bildet. Die Linie erreicht bei Dodoma auf 1140 m Meereshöhe den Ostrand des grofsen afrikanischen Grabens, senkt sich dann auf seine Sohle herab bis auf 830 m Höhe und ersteigt im westlichen Grabenrand hinter der Station Saranda, etwa 140 km von Dodoma entfernt, auf 1326 m Seehöhe den höchsten Punkt der Bahn. Diese Geländeschwierigkeiten werden mit Steigungen nicht stärker als 1 : 40 und Krümmungen nicht unter 200 m Halbmesser überwunden. Hinter dem ostafrikanischen Graben wird die Linienführung viel schlanker und bis zum Malagarassiflufs kommen stärkere Neigungen als 1 : 200 und Krümmungen unter 300 m Halbmesser nicht mehr vor. Nur beim westlichen Abstieg zum See, der auf rund 800 m Höhe erreicht wird, kommen wieder Neigungen bis 1 : 80 zur Anwendung. Im allgemeinen sind die Linienverhältnisse weit günstiger als bei der Ugandabahn, die den grofsen Graben in einer viel tieferen Einsattlung zwischen wesentlich höheren Grabenrändern überschreitet.

In der Bucht von Kigoma sind die Bahnhofs-, Hafen-, Werkstatts- und Zollanlagen der Endstation sowie eine Schiffshelling errichtet, auf der der erste der vorgesehenen drei Seedampfer, »Goetzen«, zusammengebaut wurde, um noch im Jahre 1915, während des Krieges, zu Wasser gelassen zu werden. Mittels der Seedampfer sollte die Bahn über den See hinweg durch die anschliefsende belgische Lukugabahn eine westliche Fortsetzung und Verbindung mit dem Eisenbahn- und Wasserstrafsennetz der belgischen Kongokolonie erhalten. Für den wirtschaftlichen Einflufs der Tanganjikabahn bestanden also die günstigsten Aussichten; er hätte, wenn wir Frieden behalten hätten, an den Grenzen des Schutzgebiets nicht Halt gemacht und unsere deutsche Kolonialbahn hätte wohl alsbald einen interkolonialen Verkehr ins Leben gerufen.

Die Hauptwerkstätten der Bahn sind in Tabora angelegt, wo der Europäer nachts ohne Moskitonetz schläft; das dortige gesunde malariafreie Klima des Hochlandes von 1200 m Seehöhe ist natürlich auch für die Arbeiten in den Werkstätten viel günstiger, als das Küstengebiet von Daressalam, das durch die Schwüle und Feuchtigkeit der Regenzeit, durch Malaria und Stechmücke in hohem Mafse bedroht wird. In Daressalam sind kleinere Werkstätten angelegt.

Die Stammstrecke Daressalam—Morogoro, die ja anfangs als kurze Stichbahn unter anderen Voraussetzungen erbaut war, als den Bedürfnissen einer grofsen Überlandbahn entsprach, mufste noch von den ihr anhaftenden Mängeln befreit werden; es handelte sich um Beseitigung sehr scharfer Krümmungen von 100 m Halbmesser, verlorener Gefälle, zu starker Steigungen um Ersatz einiger eiserner Überbauten, die zu geringe Lichtweiten hatten, um Herstellung neuer Kreuzungs- und Wasserstationen u. dergl. Alle diese Arbeiten wurden mit einem Kostenaufwand von 5,4 Millionen ℳ durchgeführt.

Im ganzen stellten sich die Gesamtkosten der Bahn von 1252 km Länge auf rund 122 136 000 ℳ, das sind etwa 98 000 ℳ für das Kilometer, ein verhältnismäfsig niedriger Satz, wenn man berücksichtigt, dafs der Bau in dem völlig unerschlossenen Innern Afrikas ausgeführt, die Bahn mit einem schweren, sehr leistungsfähigen Oberbau für 5 t Raddruck ausgestattet wurde und die Baufrachten auf gewaltige Entfernungen durchzuführen waren. Die Bahn ist mit einer Stahlschiene von 27,8 kg/m Gewicht, in Längen von 10 m auf 14 oder 15 flufseisernen Querschwellen, ausgerüstet, wie im Jahrgang 1917 dieser Zeitschrift ausführlich mitgeteilt*). Die kleineren Brücken und Durchlässe sind vielfach in Eisenbeton mit durchgehendem Schotterbett hergestellt. Der gröfste Brückenbau ist die Brücke über den Malagarassiflufs, 234 km westlich Tabora; dieser Strom, der gröfste östliche Zuflufs des Tanganjikasees, der zeitweise gewaltiges Hochwasser führt, wird mit einem eisernen Überbau von 50 m Stützweite und elf Flutöffnungen von je 10 m Weite überschritten. Der grofse Überbau von 50 m wurde auf einem von mehreren Prahmen gestützten Holzgerüst zusammengebaut und bei Hochwasser schwimmend an Ort und Stelle gebracht. — Die Strecke ist mit einer



Übersichtsplan der Tanganjikabahn.

doppeldrahtigen elektromagnetischen Leitung, die Stationen sind mit Fernsprecher und Morseschreiber ausgerüstet. Auf den Hauptwasser- und Lokomotivheimatstationen sind Hochbehälter von 50 m³ Inhalt aufgestellt.

Die Bahn war während des Weltkriegs für die Landesverteidigung von gröfstem Wert, ja sie bildete lange Zeit geradezu ihr Rückgrat. Auch die Werkstätten traten in ihren Dienst, indem sie Waffen, Schiefsbedarf, Münzen herstellten und technische Arbeit verrichteten. So wirkte auch die Tanganjikabahn erfolgreich mit an der ruhmvollen Verteidigung des Schutzgebiets!

Englische Fachleute haben gelegentlich ein sehr günstiges Urteil über Ausführung und Beschaffenheit der Bahn**) abgegeben, so dafs die Bahn darnach wohl als die bestgebaute Tropenbahn in Afrika gelten darf.

Aber es bleibt für jeden deutschen Kolonialfreund ein betrübender Gedanke, dafs wir hier anderen überlassen mufsten zu ernten, was wir selbst in schwerster Arbeit gesät hatten!

*) Vergl. Organ 1917, Seite 241 und Tafel 29, Abb. 1—15.
**) Vergl. Archiv für Eisenbahnwesen 1923, Seite 173.

Unkrautvertilgung auf Eisenbahnstrecken.

Von Reichsbahnoberrat **Wöhrl**, Nürnberg.

Die im Organ 1926, Heft 18 von mir veröffentlichten vergleichenden Kosten der einzelnen Unkrautvertilgungsverfahren bedürfen nachfolgender Ergänzungen oder Berichtigungen, damit gleiche Vergleichsgrundlagen gewahrt bleiben.

1. Der Preis für Schwefelkiesabbrand ist inzwischen von 3,50 ℳ/t auf 7,00 ℳ/t gestiegen. Da nach den bisherigen Beobachtungen an vier Jahre alten Schwefelkiesabdeckungen noch keine Spur einer Unkrautneubildung wahrzunehmen ist, darf mit einer Wirkungsdauer von sieben und mehr Jahren gerechnet werden und es ist daher der Kostenbetrag zu berücksichtigen, der auf vier bis sieben Jahre im voraus angesetzt werden mufs (Zinsfufs 6 %).

Bedeutet S die Kosten auf ein Jahr, so sind zu verzinsen:

bei vier Jahren Wirkungsdauer

im ersten Jahr 3 S
im zweiten Jahr 2 S
im dritten Jahr 1 S
im vierten Jahr 0 S

zusammen: $6\ S \times \frac{6}{100} = 0{,}36\ S$

und auf ein Jahr $\frac{0{,}36}{3} = 0{,}12\ S$

bei fünf Jahren

im ersten Jahr 4 S
im zweiten Jahr 3 S
im dritten Jahr 2 S
im vierten Jahr 1 S
im fünften Jahr 0 S

zusammen: $10\ S \times \frac{6}{100} = 0{,}6\ S$

und auf ein Jahr $\frac{0{,}6}{4} = 0{,}15\ S$

bei sieben Jahren

im ersten Jahr 6 S
im zweiten Jahr 5 S
im dritten Jahr 4 S
im vierten Jahr 3 S
im fünften Jahr 2 S
im sechsten Jahr 1 S
im siebten Jahr 0 S

zusammen: $21\ S \times \frac{6}{100} = 1{,}26\ S$

und auf ein Jahr $\frac{1{,}26}{6} = 0{,}21\ S$

S wird unter Berücksichtigung der obigen Preiserhöhung

bei vier Jahren Wirkungsdauer

0,06 ℳ/m und Jahr
hierzu Zins $0{,}12 \times 0{,}06 =$ 0,0072 ℳ/m und Jahr
zusammen: 0,0672 ℳ/m und Jahr
oder 6,72 Pfg./m und Jahr

bei fünf Jahren

0,048 ℳ/m und Jahr
hierzu Zins $0{,}15 \times 0{,}048 =$ 0,0072 ℳ/m und Jahr
zusammen: 0,0552 ℳ/m und Jahr
oder 5,52 Pfg./m und Jahr

bei sieben Jahren

0,034 ℳ/m und Jahr
hierzu Zins $0{,}21 \times 0{,}034 =$ 0,0072 ℳ/m und Jahr
zusammen: 0,0412 ℳ/m und Jahr
oder 4,12 Pfg./m und Jahr

2. Der Preis für Unkraut-Ex hat sich inzwischen von 9,50 ℳ/t auf 7,50 ℳ/t ermäfsigt. Dadurch vermindern sich die Kosten auf den lfd/m Gleis und Jahr

bei zweimaliger Sprengung auf 9,2 bzw. 10,2 Pfg.
bei einmaliger Sprengung auf 4,6 bzw. 5,6 Pfg.

3. Bei der Berechnung der Kosten der Verwendung der »Scheuchzer«-Jätemaschine erscheint es ungerechtfertigt, 25 % Verwaltungskosten anzulasten, da solche auch bei übrigen Verfahren nicht angerechnet wurden.

Werden diese aufser Rechnung gelassen, so mindern sich die Kosten (zweimal im Jahr) von 34 auf 27 Pfg./m Gleis und Jahr.

Die Reihenfolge der einzelnen Unkrautvertilgungsverfahren, wie sie im Organ 1926, Heft 18, nach der Wirtschaftlichkeit vorgetragen sind, ändert sich hierdurch nicht. Die Kosten ändern sich aber wie aus der Zusammenstellung auf Seite 225 zu ersehen ist. (Die früheren Preise sind in Klammern beigefügt.)

Wie schon am Schlufs meines Aufsatzes im Heft 1926 18 ausgeführt, wird in der Praxis im einzelnen Falle je nach der Art und dem Umfang der Verkrautung zu untersuchen sein, welches Verfahren als zweckmäfsigstes und billigstes zu wählen ist. Die »Scheuchzer« Jätemaschine wird, obwohl sie teurer arbeitet, nicht grundsätzlich abzulehnen sein, weil sie auf stark vernachlässigten Strecken, in denen das Unkraut eine dichte verfilzte Decke bildet, das einzige Mittel bietet, um wenigstens wieder rasch einen durchschnittlichen Unterhaltungszustand herzustellen. Dabei darf aber nicht übersehen werden, dafs die Fufsbänke noch gesondert gereinigt werden müssen, da die »Scheuchzer« Maschine diese unberührt läfst.

Es erscheint nützlich, an dieser Stelle noch Einiges anzufügen über die Grundlagen, auf denen meine vergleichenden Kostenberechnungen aufgebaut wurden, um dem Einwurf zu begegnen, als seien die Voraussetzungen ungleich.

Jeder, der im praktischen Bahnunterhaltungsdienste steht, weifs, dafs die Unkrautplage auf Hauptbahnen mit Schotterbett üblicher Abmessungen zu 90 % auf die Fufsbänke beschränkt ist, und dafs eine erhebliche Verkrautung der Schotterbettung (im Gegensatz zu der früheren Sandbettung) als Ausnahme zu

Kosten der Unkrautvertilgung für den lfd. m Gleis und Jahr.

1. Schwefelkiesabbrand (Arbeit nur alle vier bis sieben und mehr Jahre nötig)	4,12 Pfg. (sieben Jahre)	bzw. 5,52 (3,4) Pfg. (fünf Jahre)	bzw. 6,72 (4,5) Pfg. (vier Jahre)
2. Natrium Chlorat (zweimal im Jahr)	5,6 bis 6,6 Pfg.		
3. Unkraut-Ex (zweimal im Jahr)	9,2 (11) bis 10,2 (12) Pfg.		
(einmal im Jahr)	4,6 (5,5) bis 5,6 (6,5) Pfg.		
4. Handarbeit (im Jahr)	10 bis 15 Pfg.		
5. Maschine »Harder« (zweimal im Jahr)	16 Pfg.		
6. Maschine »Scheuchzer« (zweimal im Jahr)	27 (34) Pfg.		

betrachten ist. Mit der Entkrautung dieser Fufsbänke kann auch nicht zugewartet werden, bis einmal die ganze Bettung einer Reinigung bedarf, sie mufs heute Jahr für Jahr einmal und häufig zweimal vorgenommen werden.

Ebenso bekannt ist auch, dafs die Verhältnisse auf Nebenbahnen viel ungünstiger liegen, da dort die Gleise meist in verschmutzter Sandbettung lagern und dort für die Entkrautung von jeher fast nichts aufgewendet wurde — höchstens dafs man durch Mähen das hohe, die Zugkraft der Lokomotiven vermindernde Gras beseitigte.

Für solche Nebenbahnen ist meine vergleichende Kostenberechnung nicht aufgestellt. Es müfste in diesem Falle, wenn eine gleiche Vergleichsgrundlage geschaffen werden wollte, eine Belegung der ganzen Bettungsbreite auf rund 4,50 m Breite und zwar unter der Bettung angenommen werden, was allerdings nur bei einem Bettungsneubau ausführbar wäre.

An eine solche Ausführung der Entkrautung wird aber kein Gleiswirt ernstlich herangehen, da sie infolge der hohen Kosten völlig unwirtschaftlich wäre und nach 5 bis 7 Jahren, wenn der Schwefelkies ausgelaugt ist, doch mit anderen billigeren Mitteln das wieder wuchernde Unkraut entfernt werden müfste, da nach so kurzer Zeit keine abermalige Bettungserneuerung in Frage kommt. Für solche Fälle — also völlig verkrautete Nebenbahnen — erscheint eine Radikalkur mit einer Jäte-Maschine und eine spätere Nachbehandlung mit Giftlösungen am Platze.

Für Hauptbahnen wäre eine Belegung der gesamten Krone mit Schwefelkies eine unnütze Verschwendung und kann nicht in Frage kommen.

Auf Hauptbahnen mit Schotterbett üblicher Abmessung bleibt die Unkrautvertilgung zum weitaus gröfsten Teil auf die Fufsbänke beschränkt und da die Nebenbahnen gegenüber diesen Hauptbahnen sowohl nach der Länge wie nach dem Bedarf der Entkrautung ganz wesentlich zurücktreten, so erscheint es wohl gerechtfertigt, für eine grundsätzliche Untersuchung der Wirtschaftlichkeit der einzelnen Verfahren in erster Linie die Verhältnisse der Hauptbahnen zugrunde zu legen, wie ich dies getan habe. Dafür sind dann — soweit dies überhaupt möglich ist — gleiche Voraussetzungen insofern zugrunde zu legen, als für Schwefelkies und Giftlösungen nur die Entkrautung der Fufsbänke angerechnet wird, für die Entkrautungsmaschinen aber eben die Kosten eingesetzt werden, die für alle Fälle entstehen, wenn sie schon einmal angesetzt werden.

Dabei mufs aber ausdrücklich auf den Mangel der »Scheuchzer'schen« Jätemaschine hingewiesen werden, der darin besteht, dafs sie im Gegensatz zu der »Harderschen« Maschine die Fufsbänke nicht zu entkrauten vermag.

Die »Scheuchzer« Maschine vermag deshalb auf normal beschotterten Hauptbahnen ihre Vorzüge nicht voll zur Geltung zu bringen, auf Nebenbahnen müssen die beiderseitigen Fufsbänke noch besonders mit Giftmitteln entkrautet werden, was unter 70—110 M/km nicht möglich ist. Ferner ist zu berücksichtigen, dafs das Unkraut bei Verwendung von Jätemaschinen im gleichen Jahre wieder nachwächst — also eine jährlich zweimalige Behandlung mit der Maschine kaum zu umgehen sein wird. Die Giftmittel wirken insofern besser und nachhaltiger, als die fortschreitende Durchsäuerung des Untergrundes mehr und mehr dem Unkraut Abbruch tun wird und die Arbeitskosten im Laufe der Jahre sich verringern werden.

Um noch auf Einzelheiten einzugehen, so weise ich darauf hin, dafs in meiner Wirtschaftlichkeitsberechnung für Schwefelkies eine Belegung der Fufsbänke auf je 40 cm Breite, für die Giftlösungen eine Besprengung auf etwa je 1,00 m bis 1,20 m Breite zugrunde gelegt wurde (2,4 cbm/km). Nach den sehr beachtenswerten Ausführungen im Bahnbau 1926/39 müssen auf die ganze Breite des Bahnkörpers (4,50 m) bei starker Verkrautung bis 9 cbm/km gesprengt werden.

Ich sprenge die Fufsbänke ebenfalls mit mindestens 9 m^3/km. Es ist praktisch unmöglich, für die Besprengung mit Giftlösungen rein rechnerisch nur 0,40 m Breite wie bei Belegung mit Schwefelkies einzusetzen, denn man kann sich dabei nicht auf einen schmalen Streifen von 40 cm beschränken, sondern man wird aus rein praktischen Gründen eine gröfsere Breite besprengen und vor allem auch den Fufs der Schotterbettung, unter dem das Unkraut fortwuchert, gut zu durchfeuchten suchen. Darnach sind auch die Sprengrohre eingerichtet. Die Mehrkosten der Sprenglösung sind ohne Bedeutung, die Arbeitskosten bleiben die gleichen.

Man wird daher diese Voraussetzungen für beide Verfahren unter der Berücksichtigung der tatsächlichen Verhältnisse als gleich anerkennen müssen.

Das Gleiche gilt für Unkraut-Ex.

Erwähnt mufs noch werden, dafs auch die Handarbeit an gewöhnlichen Hauptbahnen sich zum weitaus gröfsten Teil auf die Fufsbänke beschränkt und dafs die angegebenen Kosten daher ebenfalls die gleiche Voraussetzung aufweisen. Die Fufsbänke wurden früher zweimal im Jahre gereinigt, einmal vor Samenausfall im Frühjahr und einmal im Herbst. Wie notwendig das ist, geht aus der Überlegung hervor, dafs die Verunkrautung des ganzen Bahnkörpers zum gröfsten Teil von den Fufsbänken ausgeht und dafs, wenn nicht der Samenausfall jedes Jahr rechtzeitig verhindert wird, eine immer stärkere Verunkrautung des Gleises unausbleiblich ist. Wenn es gelingt, des Unkrautes auf den Fufsbänken Herr zu werden, dann ist die Hauptarbeit geschehen, Unkraut im Gleis und zwischen den Gleisen wird dann leicht und ohne grofse Kosten bewältigt werden können.

Unter Berücksichtigung dieser tatsächlichen Verhältnisse auf den gewöhnlichen Hauptbahnen und mit Rücksicht darauf, dafs die »Scheuchzer« Maschine die Fufsbänke nicht vom Unkraut säubert, können meine Berechnungen und die daraus gezogenen Schlufsfolgerungen als auf gleicher Voraussetzung — soweit dies überhaupt möglich ist — beruhend kaum angezweifelt werden.

Schwefelkiesabbrände werden bis auf weiteres auf Hauptbahnen mit dem gewöhnlichen Schotterbett stets das billigste Unkrautvertilgungsmittel, bei gleichen Kosten mindestens das bequemste Mittel darstellen, da 5 bis 7 Jahre keine Arbeit zu leisten ist und die heute so kostbaren Arbeitskräfte für die übrigen wichtigeren Bahnunterhaltungsarbeiten gewonnen werden. Der geringe Graswuchs zwischen den Schienen oder den Gleisen wird mit einem geringen Aufwand von Giftmitteln und Kosten nebenbei beseitigt werden können.

Auf stark verkrauteten Nebenbahnen werden, wie schon oben erwähnt, Jätemaschinen mit gröfserem Erfolg arbeiten können, bei Verwendung der »Scheuchzer« Maschine ist die Entkrautung der Fufsbänke mit Giftmitteln aber nicht zu umgehen.

Ein mathematisch scharfer Vergleich ist bei der Verschiedenartigkeit der Verhältnisse nicht möglich. Es soll durch solche, sine ira et studio aufgestellten Wirtschaftsberechnungen auch nur ein allgemeiner Anhaltspunkt gegeben werden für unsere Gleiswirte, damit sie in der Lage sind, zu beurteilen, welche Unkrautvertilgungsmittel in den einzelnen Fällen am zweckmäfsigsten und zugleich am billigsten sind.

Aus amtlichen Erlassen der Vereinsverwaltungen.

Verstärkung der Federn bei Lokomotiven der Deutschen Reichsbahn-Gesellschaft.

Einer Verfügung der Hauptverwaltung der Deutschen Reichsbahn-Gesellschaft vom Oktober 1926 entnehmen wir folgendes:

Die versuchsweise Ausrüstung einiger neuerer Lokomotiven mit Tragfedern von 16 mm Blattstärke hat einwandfreies Laufen der betreffenden Lokomotiven ergeben. Übermäfsiges Durchbiegen dieser Federn ist nicht beobachtet worden. Die früher bei Verwendung der üblichen Tragfedern mit 13 mm Blattstärke, besonders bei der Durchfahrt von Gleiskrümmungen und beim Befahren von schlechten Gleisstellen auftretenden störenden Bewegungen der Lokomotive haben sich nach dem Einbau der verstärkten Tragfedern merklich verringert; irgendwelche nachteiligen Einflüsse hat die verstärkte Abfederung nicht gezeitigt. In Anbetracht der guten Erfahrungen mit dieser Art von Tragfedern wurde vom Betriebe eine allgemeine Auswechslung der vorhandenen schwächeren Federn dringend gewünscht.

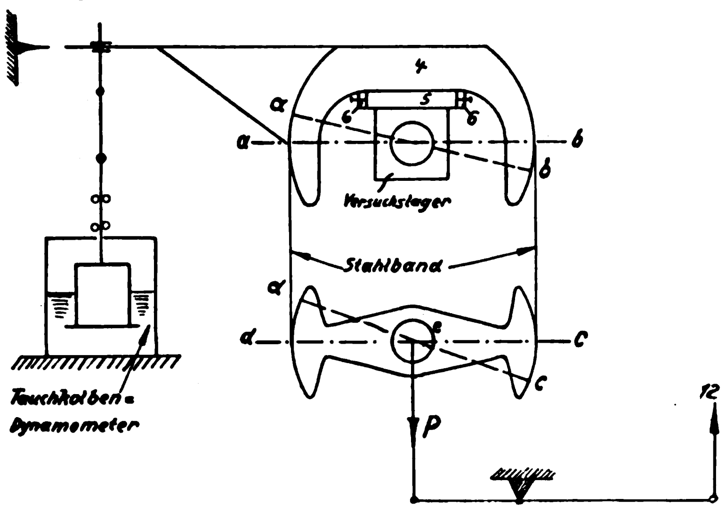
Um auch die Möglichkeit der Auswechslung von Tragfedern einzelner Achsen zu klären, sind an einer Reihe von Lokomotiven verstärkte Tragfedern nur an einzelnen Achsen und in den verschiedenen Ausgleichsystemen versuchsweise eingebaut worden. Auch hierbei haben sich Anstände nicht ergeben, bei Ersatz brauchen daher nur die Federn einer Achse ausgewechselt zu werden. Um schliefslich die Lagerhaltung von Federstahl für Lokomotiven zu beschränken, werden bei Ersatz auch die Rückstellfedern der Drehgestelle für vorhandene Lokomotiven und die Stofsfedern der Tender aus Federstahl von 16 mm Blattstärke hergestellt, da auch diese Federn sich vielfach als zu schwach erwiesen haben. Bttgr.

Berichte.

Werkstätten, Stoffwesen.

Die neuesten Prüfstände in der Versuchsabteilung Göttingen.

Im Versuchsamt Göttingen der Deutschen Reichsbahn-Gesellschaft wurden zur Untersuchung der Reibung von Lagern zwei Prüfeinrichtungen hergestellt und in Betrieb genommen. Die Prüfstände sollen die zahlenmäfsige Ermittlung der Reibungswerte für alle Schmierstoffe, Lagermetalle, Zapfenmaterialien und Lagerkonstruktionen in Abhängigkeit von der Geschwindigkeit und der Lagerbelastung ermöglichen.



Reibungswage mit Belastungsvorrichtung und Dynamometer.

Die erste der beiden Einrichtungen dient zur Untersuchung der Reibungswerte bei reiner Umlaufbewegung. Zu diesem Zweck wird das zu untersuchende Lager auf eine Welle gebracht, die von einem eigens zu diesem Zweck gebauten Getriebe, System Stöckemann, angetrieben wird. Dieses neuartige Getriebe gestattet eine leichte, feinstufige Drehzahlregelung von 0 bis 600 Umdrehungen/Min.

Das Lager wird durch eine Prefspumpe belastet, die durch ein Hebelwerk auf das Parallelogramm abcd wirkt, das die eigentliche Reibungswage darstellt (siehe Abb.). Beim Drehen der Welle wird durch die Lagerreibung der Wagebalken a—b mitgenommen, so dafs das Parallelogramm in die Lage a'b'c'd' einspielt. Zur Vermeidung zusätzlichen Drehmoments mufs der Mittelpunkt des Lagers genau mit dem Halbierungspunkt von a—b zusammentreffen. Dies wird durch das Keilstück 5 und die Keilschrauben 6 erreicht. Das Drehmoment der Reibungswage wirkt auf ein Tauchkolbendynamometer, dessen Ausschläge durch eine Seidenschnur zur Schreibvorrichtung geleitet und dort selbsttätig aufgezeichnet werden. Gleichzeitig wird die jeweilige Geschwindigkeit verzeichnet.

Die bisherigen Versuche ergaben bemerkenswerte Aufschlüsse über die Höhe der Reibung beim Anfahren eines Gleitlagers. Wenn das Lager lange Zeit gestanden hat, erreicht der Reibungswert bei der vorliegenden Lagerkonstruktion und dem bisher benutzten Schmierstoff die dreifsig- bis fünfzigfache Gröfse des Reibungswertes im Betriebszustand. Der Anfahrwert sinkt aber beträchtlich, teilweise bis auf das fünffache herunter, wenn nur ein kurzer Stillstand eintritt. Die weiteren Studien auf dem Prüfstand sollen darüber Klarheit bringen, durch welche Mittel konstruktiver und stofflicher Art man die Reibungswerte im günstigsten Sinne beeinflussen kann.

Der zweite Prüfstand war notwendig zum Studium der Teile, die einer pendelnden Gleitbewegung unterworfen sind. Er fand Verwendung zur Untersuchung der Gelenke des Gewerkes der Lokomotiven, die bis heute trotz Verwendung der verschiedensten Bronzen und Buchsenmaterialien noch einem ziemlich erheblichen Verschleifs unterworfen sind.

Die Buchsen aus dem zu untersuchenden Material werden in Hebel eines Parallelogrammes eingebaut, die durch geschliffene Bolzen gelenkig verbunden sind. Die eine Seite dieses Parallelogramms ist in ihrer Mitte fest auf eine Achse aufgekeilt, die gegenüberliegende mit einem Schlitten, der sich auf einer Gleitbahn bewegt, gelenkig verbunden. Durch Gewichte kann auf diesen Schlitten ein Zug ausgeübt und damit jedes Gelenk des Parallelogramms belastet werden, so dafs Flächendrücke von 30 bis 60 kg/cm² erreicht werden. In einem Eckpunkt des Parallelogramms greift ein von einer Kurbelwelle bewegter Hebel an und versetzt das Parallelogramm in pendelnde Bewegung (die Schwingungszahl kann zwischen vier und acht in der Sekunde verändert werden).

Die Versuche haben bis jetzt ergeben, dafs Flächenbelastungen von 50 kg/cm², wie sie bei der Lokomotivsteuerung üblich sind, als reichlich hoch angesehen werden müssen und dafs Bronzen mit stärkerem Zinkgehalt nach kurzer Zeit fressen. Beim Prüfstand liegen die Beanspruchungen insoferne etwas ungünstiger wie bei einer Steuerung, als nicht wie bei dieser durch den Druckwechsel

eine Entlastung des Gelenkes eintritt. Die gröfsere Beanspruchung der Bolzen und Buchsen im Prüfstand wird zu einem schnelleren Verschleifs führen, so dafs man annehmen kann, dafs ein Material, Schmiermittel oder eine Gelenkkonstruktion, die in dem Prüfstand ein Mindestmafs von Abnutzung zeigten, sich auch im praktischen Betrieb erst recht bewähren werden. Verkehrstechnik 1926, 53. Heft.
Pp.

Reibungswert zwischen Rad und Bremsklotz.

In Glasers Annalen Band 99, Heft 11 teilt Regierungsbaurat Metzkow die Ergebnisse seiner wertvollen Versuche zur Ermittlung des Reibungswertes zwischen Rad und Bremsklotz mit.

Die grofse Anzahl der von ihm durchgeführten Versuche — über 1500 — und die verhältnismäfsig gute Übereinstimmung der Durchschnittswerte ermöglichte vor allem, auf Gesetzmäfsigkeiten zu schliefsen. Die mitgeteilten Prüfstandswerte werden allerdings, wie vom Verfasser angegeben, von den praktisch in Betracht kommenden wohl etwas abweichen, weil durch die im Betrieb ständig erfolgenden Erschütterungen die Reibung sich etwas mindern wird.

Die Versuchsergebnisse stellen einen wesentlichen Beitrag dar zur Kenntnis des Einflusses der Geschwindigkeit, des Bremsklotzdruckes, der Bremsklotzhärte, der Temperatur und des Feuchtigkeitszustandes auf die Gröfse des Reibungswertes. Zur Ermittlung der Reibungswerte dient eine in oben angeführtem Schriftsatz näher beschriebene Versuchseinrichtung. Die Versuche wurden als Auslauf- und Durchzugversuche mit einer Dauer von 10 Sekunden bis 2 Minuten durchgeführt.

Die durch die Versuchseinrichtung gezeichneten Schaubilder zeigen zunächst die Abhängigkeit des Reibungswertes von der Geschwindigkeit. Aus ihnen geht hervor, dafs in der Nähe des Stillstandes der Reibungswert sehr grofs ist, während er bei hartem Klotzmaterial mit zunehmender Geschwindigkeit dauernd abnimmt. Bei weichen Bremsklötzen erfolgt dieses Abnehmen bis zu einer Mindestgröfse, von der ab wieder ein leichtes Steigen festzustellen ist. Diese Geschwindigkeit schwankt zwischen 100 und 140 km/h, so dafs diese Erscheinung bei einer Steigerung der Fahrtgeschwindigkeit beachtenswert erscheint.

Um also bei hohen Geschwindigkeiten kleine Bremswege zu erzielen sind grofse spezifische Bremsklotzdrücke nötig. Zur Erreichung derselben hat die Deutsche Reichsbahn die Verwendung des Bremsdruckreglers eingeführt. Allerdings ist die Anwendung übermäfsig grofser Bremsklotzdrücke insofern wieder unzweckmäfsig, als mit steigendem Bremsklotzdruck der Reibungswert abnimmt. Dieses Ergebnis deckt sich mit der Erfahrung, dafs der Bremsweg kleiner ist, wenn der erforderliche Druck mit möglichst vielen Bremsklötzen erreicht, als wenn er nur von wenigen bewirkt wird. Es erscheint darum die doppelseitige Radabbremsung für geboten. Aus diesem Grund wird es auch zu empfehlen sein, die Reibungsfläche des einzelnen Bremsklotzes möglichst grofs zu machen, womit gleichzeitig ein geringerer Materialverschleifs erreicht wird.

Merkwürdig erscheint ferner das Ergebnis, dafs innerhalb des Hauptnutzbereiches der Reibungswert härterer Bremsklötze über dem weicherer liegt. Darum wird es wohl auch keinesfalls zweckmäfsig sein für Bremsklötze weicheres Gufseisenmaterial als mit 195 bis 200 Härtegraden zu verwenden. Bei einer Geschwindigkeit von über 120 km/h nähert sich allerdings der Reibungswert des weichen Bremsklotzes wieder dem des härteren und überschreitet ihn sogar zum Teil.

Im folgenden sei eine kurze Zusammenstellung der mittleren Reibungswerte für verschiedene Geschwindigkeiten und verschiedene spezifische Bremsklotzdrücke gebracht:

kg/cm²	0	10	25	40	60	80	100	125	150
	km/h								
2	—	0,488	0,328	0,270	0,220	0,199	0,190	—	—
4	0,625	0,431	0,270	0,225	0,192	0,180	0,170	0,167	0,167
6	0,570	0,408	0,248	0,212	0,185	0,171	0,158	0,146	0,144
9	0,520	0,388	0,229	0,203	0,178	0,162	0,149	0,139	0,135
12	0,478	0,369	0,212	0,193	0,172	0,156	0,143	0,134	0,131

Aus den schon eingangs erwähnten Gründen empfiehlt es sich für praktische Berechnungen die obigen Versuchswerte um 12 bis 15 % zu vermindern.

Mit der bisherigen Annahme im Widerspruch steht die Erscheinung, dafs der Reibungswert mit steigender Temperatur nicht fällt, sondern eher etwas steigt, was vielleicht auf das innigere Aneinanderschmiegen der erwärmten Reibflächen zurückgeführt werden kann. Diese Zunahme des Reibungswertes führte sogar bei verschiedenen Versuchen zum plötzlichen Stillstand der Räder, trotzdem Bremskraft, Geschwindigkeit und Schienenzustand mit steigender Temperatur eingehalten wurden. Die Erfahrung, dafs beim Befahren langer Gefällstrecken eine Minderung der Reibung eintritt hat also ihre Ursache nicht in der Abnahme des Reibungswertes durch Erhitzung, sondern ist jedenfalls in einem Nachlassen der Bremskraft begründet. Die Versuche zur Ermittlung des Einflusses des Feuchtigkeitszustandes ergaben im allgemeinen bei nassen Bremsklötzen einen kleineren Reibungswert, z. B. für V = 25 km/h und 6 kg/cm² spezifische Anpressung von 18,7 %. Jedoch fiel dabei die eigenartige Erscheinung auf, dafs bei hohen Geschwindigkeiten der Reibungswert bei nassen Klötzen gröfser war als bei trockenen. Es wird mit Aufgabe der weiterzuführenden Versuche, an die sich Prüfstandsmessungen anschliefsen werden, sein, hierin Klärung zu schaffen.
Pp.

Lehre zum Nachmessen von Radspurkränzen.

In den Eisenbahnausbesserungswerkstätten sind seit Jahren die verschiedensten Mefswerkzeuge in Gebrauch, die dem Zweck dienen eine übermäfsig grofse Materialwegnahme beim Abdrehen



Abb. 1.

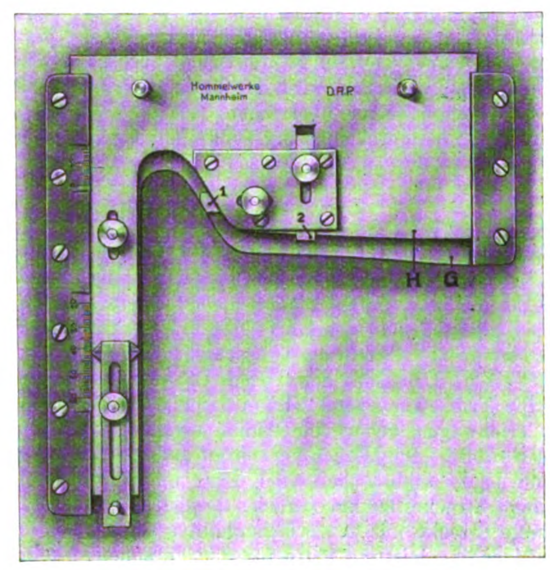


Abb. 2.

der Radreifen sowie die nach dem Abdrehen noch verbleibenden Radreifenstärke vorauszubestimmen oder eine nachträgliche, zusätzliche Dreharbeit zu vermeiden.

Im Eisenbahnausbesserungswerk Magdeburg-Buckau ist beispielsweise im Jahre 1923 eine Lehre ausgebildet worden, die durch

punktweise Aufnahme ein Bild von der Abnützung der Lauffläche gibt. Ein anderes Verfahren beruht auf der Aufzeichnung des abgenützten Profils und dem Vergleich desselben mit dem Normalprofil. Das Eisenbahnausbesserungswerk Nürnberg verwendet seit Jahren neben Schablonen und einfachen Reifenstärkemefsvorrichtungen eine Lehre nach Bauart Gollwitzer.

Allen diesen Mefsvorrichtungen haftet teils mehr, teils weniger eine gewisse Umständlichkeit oder Schwierigkeit in der Handhabung an.

Aus diesem Grund ist im Eisenbahnausbesserungswerk Nürnberg seit geraumer Zeit die in Abb. 1 dargestellte Lehre in Verwendung.

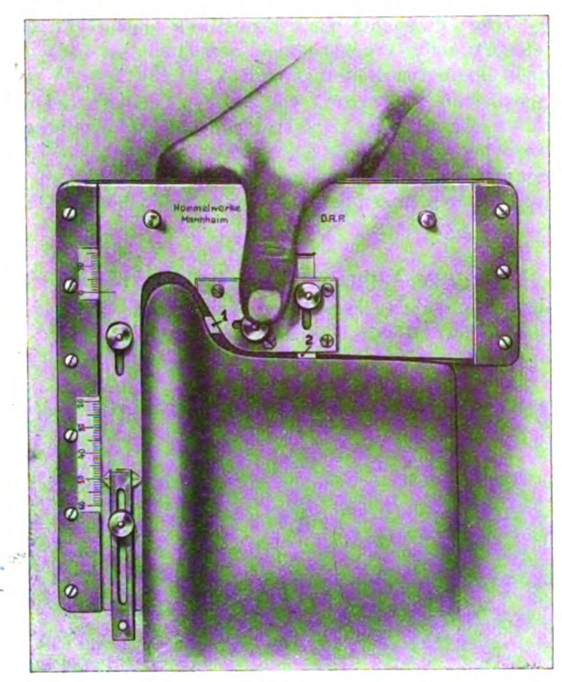


Abb. 3.

Sie beruht auf der Erfahrungstatsache, dafs die gröfste Abnützung des Radreifens in der Regel am Spurkranz erfolgt. Die Lehre wird auf den Radreifen aufgesetzt (Abb. 1). Diesen berührt sie dann mit dem kleinen Sitzklötzchen in der Ebene des Laufkreises. Der am Ende mit einer Kugel versehene Fühlhebel wird hierauf durch Verschieben der geränderten Schraube dem Spurkranz genähert. Er ist so gelagert, dafs er auf ihm in der gewöhnlichen Zone der gröfsten Abnützung eine Kurve von ca. 10 mm Länge bestreichen kann. Die Verschiebung des Fühlhebels wird durch ein Hebelwerk im Innern der Lehre auf einen Zeiger übertragen. Da die Teilung, über der der Zeiger spielt, in mm Abnützung senkrecht zur Radachse geeicht ist, so kann an ihr sofort abgelesen werden, wieviel Material zur Erreichung des Normalprofiles abgedreht werden mufs.

Vor einiger Zeit haben die Hommelwerke eine Lehre nach Abb. 2 und 3 auf den Markt gebracht, die mit verhältnismäfsig raschen und einfachen Handgriffen die Abnutzung des Radreifens und die Spantiefe feststellt, die zur Erreichung des vorgeschriebenen Profils notwendig ist.

Die Lehre wird derart auf das Rad aufgesetzt, dafs sie einerseits mit dem geradlinigen Schenkel an der Innenseite des Radreifens, andererseits mit der Grundplatte G an der Lauffläche anliegt. Hierauf sind die beiden Tastorgane 1 und 2 soweit zu verschieben, dafs sie am ausgelaufenen Spurkranz bzw. an der Lauffläche anstehen. In dieser Stellung werden sie durch Schrauben festgehalten. Die Lage der beiden Tastorgane ist so gewählt, dafs sie den in der Regel am meisten abgenützten Stellen des Radreifens entspricht. Durch Einstellen des auf dem geradlinigen Schenkel befindlichen Zeigers auf die Bohrung des Radreifens läfst sich an der Mafsteilung die Stärke des Radreifens bezogen auf den Berührungspunkt ablesen. Dabei mufs aber berücksichtigt werden, dafs durch das Einwalzen oder Einhämmern des Sprengringes an der Messstelle am Radreifen eine Formänderung von 1,5 bis 2,0 mm entsteht.

Zur Bestimmung der zur Erreichung des vorgeschriebenen Normalprofils notwendigen Spantiefe und der nach dem Abdrehen verbleibenden Radreifenstärke wird die Hauptplatte H soweit auf der Grundplatte G in deren seitliche Führungen sie gleitet, nach oben verschoben, bis das am weitesten hervorstehende Tastorgan 1 oder 2 mit dem Profil der Grundplatte abschneidet. An dem auf der Grundplatte angebrachten Mafsstab kann dann die nach dem Drehen verbleibende Radreifenstärke und an der Teilung die notwendige Spantiefe abgelesen werden. Pp.

Besonders niedrig gebaute Wagenschiebebühne.

In der Zeitschrift „Engineering" (4. Februar 1927) wird eine halbversenkte Schiebebühne für Drehgestellwagen von 21 m Nutzlänge und nur 100 mm Auflaufhöhe beschrieben. Zur Vermeidung zu starken Schiefstellens der Drehgestelle beim Auf- und Abziehen ist die Hälfte der Auflauframpe in die Bühne selbst verlegt. Die Neigung der beweglichen Auflaufzungen setzt sich also noch in die Laufschienen hinein fort. Dadurch wird eine gröfsere Länge der Auflauframpe und eine geringere Neigung und Schiefstellung der Drehgestelle bewirkt. Die Schiebebühne läuft auf acht Gleissträngen, was weniger nachahmungswert ist. Die jetzt in Deutschland üblichen, auf nur zwei Schienen laufenden Portalschiebebühnen gleicher Länge und Auflaufhöhe werden zwar im Beschaffungspreis höher liegen — dem Mehrpreis für diese Schiebebühnen steht übrigens eine Einsparung an Kosten für die Laufbahn gegenüber — doch wird dies durch die Vorteile, die die Verwendung von nur zwei Schienen gegenüber der achtfachen Unterstützung hinsichtlich anstandsloser Betriebe und der Unterhaltungskosten bildet, reichlich aufgewogen. Bttgr.

Lokomotiven und Wagen.

500 PS-benzol-elektrischer Triebwagen der Lehigh Valley Bahn.

Die Lehigh Valley Bahn ist, wie eine grofse Anzahl amerikanischer Eisenbahnen, daran gegangen, den Zugverkehr auf einigen ihrer Linien durch Triebwagenfahrten zu ersetzen. Neuerdings hat die Bahn hierfür vier Triebwagen beschafft, die eine Leistung von 500 PS aufweisen, d. h. etwa das Doppelte der meisten bisherigen Wagen. Die Triebwagen sind 21,5 m lang und wiegen rund 59 t; zu jedem Triebwagen gehört ein Anhängewagen von 17,5 m Länge und 26,6 t Gewicht. Die Wagen verkehren auf verschiedenen Linien; zwei davon legen täglich bei einer Hin- und Herfahrt über eine 190 km lange Strecke 380 km zurück, die beiden andern über eine 128 km lange Strecke mit 26 Zwischenhalten täglich 256 km. Eine geringere Maschinenleistung hätte für den Personenverkehr an sich genügt. Man legte aber grofsen Wert darauf, dafs die Wagen aufser den Personenanhängern noch mehrere Eilgutwagen sollten befördern können, bei mehreren Kursen beträgt das gesamte Zugsgewicht sogar 300 t. Die Einrichtung der Wagen ist verschieden; die Anhänger haben 76 bis 78 Sitzplätze, während zwei von den Triebwagen nur Gepäck- und Postabteile, die beiden andern aufserdem noch 19 Sitzplätze aufweisen.

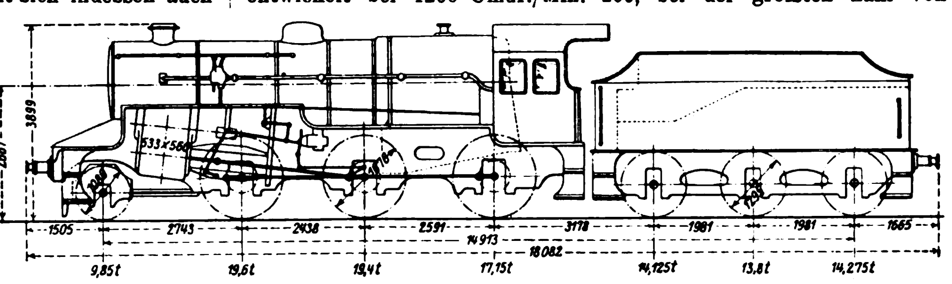
Die Triebwagen besitzen zwei Brill-Westinghouse-Maschinensätze zu je 250 PS, die am vorderen Wagenende — die Wagen sollen in der Regel nur in einer Richtung fahren — eingebaut sind. Die Kraftübertragung ist elektrisch. Der Maschinenraum ist rund 4,2 m lang; die beiden Maschinensätze sind in 673 mm Entfernung mit der Achse in Längsrichtung des Wagens nebeneinander angeordnet und zwar, um an Platz zu sparen, in der Weise, dafs die Generator-Seiten nach verschiedenen Richtungen liegen. Die Viertakt-Explosionsmotoren haben sechs senkrecht angeordnete Zylinder von 190 mm Durchmesser und 203 mm Hub und machen 1100 Umdrehungen in der Minute. An der Stirnwand des Maschinenraumes befindet sich in der rechten Ecke der abgeschlossene Stand für den Führer; die übrigen zwei Drittel der Stirnwand nimmt der Kühler ein. Der Wagen ruht auf zwei zweiachsigen Schwanenhals-Drehgestellen, von denen jeweils beide Achsen durch einen Motor angetrieben werden. Das vordere Drehgestell, das die Maschinenanlage trägt, ist mit etwas gröfserem Achsstand und kräftiger ausgeführt. Die Wagen besitzen eine Sammler-Batterie mit 16 Zellen, die zum ingangsetzen der Maschinensätze, für die Beleuchtung und ähnliches dient; für die Heizung wird das Kühlwasser verwendet.

Da jeder Maschinensatz für sich arbeiten kann und auch die Motorenschaltung eine Teilung des Antriebs zuläfst, mufs dem Wagen eine ziemliche Betriebssicherheit zugesprochen werden. In mehrmonatlichem Betrieb sollen sich tatsächlich auch nicht mehr Anstände ergeben haben, als beim Lokomotivbetrieb. R. D.

(Railway Age 1927, 1. Halbj., Nr. 5.)

1 C-h 2 Lokomotive der London Midland und Schottischen Bahn.

Mehr als 50 Jahre hat man in England zur Beförderung der Güter- und gemischten Züge fast ausschliefslich die einfache C-Lokomotive mit langem, festem Radstand, verhältnismäfsig grofsem Raddurchmesser, durchhängender Feuerbüchse und Innenzylindern verwendet, die sich sonst in keinem anderen Land — wenn man von dem stark von England beeinflufsten Belgien und Holland absieht — durchsetzen konnte. Seit einigen Jahren vollzieht sich indessen auch in England ein Umschwung und man kann eine starke Anpassung des englischen Lokomotivbaus an die auf dem Festland üblichen Bauformen beobachten, soweit dies eben die besonderen englischen Verhältnisse zulassen. Man vermeidet es neuerdings, Lokomotiven für gröfsere Geschwindigkeiten ohne führende Laufachsen zu bauen; die C-Lokomotive wird daher, wie im vorliegenden Fall, mehr und mehr durch die 1 C-Lokomotive verdrängt. Beachtenswert ist auch, dafs nicht nur die Zylinder nach aufsen verlegt werden — soweit die Rücksicht auf die beschränkte Umgrenzungslinie dies gestattet —, sondern dafs auch an Stelle der bisher vielfach verwendeten innenliegenden Joy-Steuerung sich die aufenliegende Heusinger-Steuerung durchzusetzen beginnt. Anscheinend wird mit Rücksicht auf das Lokomotivpersonal mehr Wert auf leichtere Bedienung gelegt als bisher; beispielsweise sind auch die Führerstände wesentlich besser durchgebildet; seitliche Fenster und ein weit nach hinten gezogenes Dach schützen die Mannschaft bei den neueren Lokomotiven, wie dies auf dem Festland schon lange üblich ist.



1 C-h 2 Lokomotive der London Midland und Schottischen Bahn.

Die neue Lokomotive ist noch von dem früheren leitenden Maschineningenieur der Bahn, George Hughes entworfen worden. 30 Stück wurden in Horwich gebaut, 70 weitere sind augenblicklich in Crewe im Bau. Die Textabbildung zeigt den Aufbau der Lokomotive. Sie hat Belpaire-Kessel und stark geneigt angeordnete Zylinder. Die Laufachse hat beiderseits 825 mm Ausschlag. An Stelle der früher ausschliefslich verwendeten Sichtöler sind Schmierpumpen der Bauart Wakefield getreten. Die Hauptabmessungen sind:

Kesselüberdruck p	12,6	at
Zylinderdurchmesser d	533	mm
Kolbenhub h	660	„
Kesseldurchmesser innen, vorn	1588	„
Kesselmitte über Schienenoberkante	2667	„
Heizrohre, Anzahl	164	Stück
„ Durchmesser aufsen	48	mm
Rauchrohre, Anzahl	24	Stück
„ Durchmesser aufsen	130	mm
Rohrlänge	3708	„
Heizfläche der Feuerbüchse	14,8	m²
„ „ Rohre	126,5	„
„ des Überhitzers	28,5	„
„ — im Ganzen — H	169,8	„
Rostfläche R	2,55	„
Durchmesser der Treibräder D	1676	mm
„ „ Laufräder	1080	„
„ „ Tenderräder	1295	„
Fester Achsstand (Achsstand der Kuppelachsen)	5029	„
Ganzer Achsstand der Lokomotive	7772	„
„ „ „ „ einschl. Tender	14913	„
Reibungsgewicht G_1	56,15	t
Dienstgewicht der Lokomotive G	66,0	„
„ des Tenders	42,2	„
Vorrat an Wasser	16,0	m³
„ „ Brennstoff	5,0	t
H : R	66,7	
H : G	2,57	m²/t
H : G_1	3,02	„

(The Railw. Eng. 1926, September.) R. D.

Amerikanischer Benzol-Triebwagen mit mechanischer Kraftübertragung.

Während die meisten amerikanischen Bahnen es bisher vorgezogen haben, Triebwagen mit elektrischer Kraftübertragung zu beschaffen, hat die St. Louis-San Francisco-Bahn neuerdings zwei Benzol-Triebwagen mit mechanischer Kraftübertragung in Dienst gestellt.

Die Wagen sind rund 19 m lang, wiegen 33 t und haben 62 Sitzplätze. Sie entwickeln eine gröfste Zugkraft von 8150 kg und können in der Ebene eine Höchstgeschwindigkeit von 97 km/Std. erreichen. Im Regelverkehr wird ein 50 t schwerer Anhängewagen mitgeführt.

Der „Starling"-Benzol-Motor ist im Führerstand untergebracht. Er hat sechs Zylinder von 159 mm Durchmesser und 197 mm Hub und entwickelt bei 1200 Umdr./Min. 200, bei der gröfsten Zahl von 1500 Umdr./Min. 300 PS. Zur Rückkühlung des Kühlwassers ist an der Stirnfläche des Wagens ein Röhrenkühler mit einem Ausgleichbehälter von etwas über 100 l Inhalt vorgesehen. Die Heizung wird nach Bedarf an dieses Rückkühl-System angeschlossen.

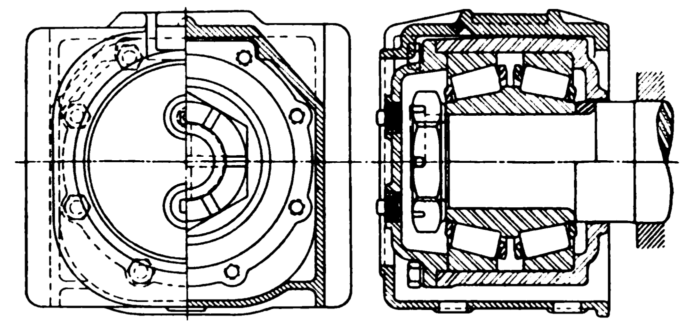
Die Drehgestelle haben die in Amerika übliche Schwanenhals-Ausführung und laufen auf Gleitlagern. Die beiden inneren Drehgestellachsen werden je mittels Kardanwelle und Kegelrädern von dem unter der Mitte des Wagenkastens liegenden Getriebe aus angetrieben. Dieses ist mit dem Motor durch eine Welle gekuppelt. Es ist von der Sykes-Gesellschaft geliefert und hat sechs Geschwindigkeitsstufen, die mittels Druckluft geschaltet werden und durch einen Fliehkraftregler gegen falsches Schalten gesichert sind. In einem besonderen Gehäuse ist ein Wendeschaltgetriebe vorgesehen, so dafs alle sechs Geschwindigkeiten in beiden Fahrtrichtungen benutzt werden können. Die kleinste Geschwindigkeit beträgt nur 6 km/Std., um ein leichtes Anfahren sowie Verschiebebewegungen mit schweren Lasten zu ermöglichen.

Die Wagen besitzen Westinghouse-Bremse und elektrische Beleuchtung. Sie sind von der Sykes-Gesellschaft in St. Louis und der Wagenfabrik von St. Louis gebaut und legen seit ihrer Indienststellung im September 1926 täglich 330 km zurück. Die Quelle betont gegenüber den Wagen mit elektrischer Kraftübertragung vor allem den vorzüglichen Wirkungsgrad des Getriebes.

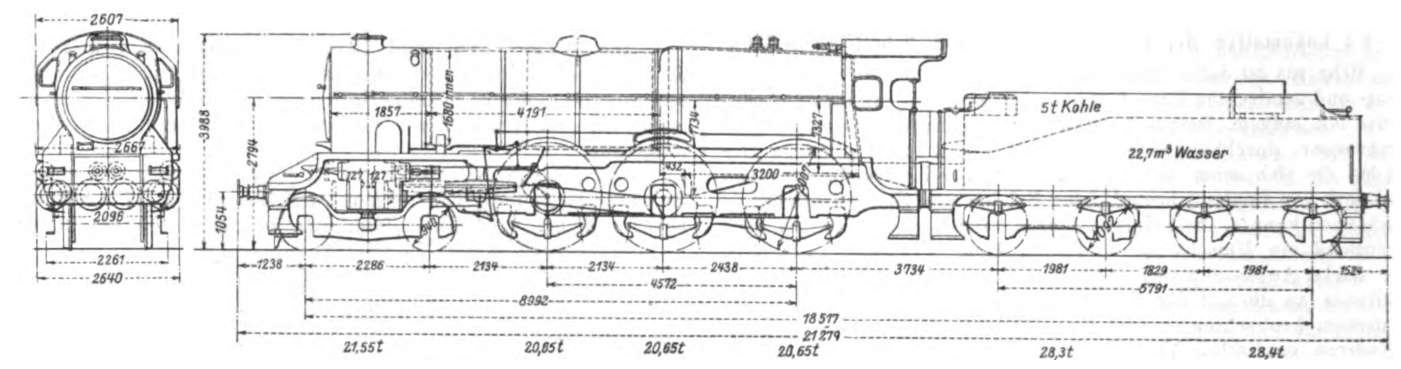
(Railw. Age 1927, 1. Halbj. Nr. 17.) R. D.

Rollenlager an amerikanischen Eisenbahnwagen.

Nach zweijährigen Vorversuchen hat die Chicago, Milwaukee und St. Paul Bahn neuerdings 127 Personenwagen mit Rollenlagern ausgerüstet. Während bei den Vorversuchen Hyatt- und SKF-Lager verwendet wurden, hat man jetzt Timken-Lager (s. Textabb.) gewählt. Die Lager wurden so entworfen, dafs sie ohne allzu-


Rollenlager.

grofse Änderungen in die Regel-Drehgestelle eingebaut werden können. Sie werden mit Fett geschmiert; Versuche mit Ölschmierung haben nicht befriedigt, weil dieses, wenn es reichlich eingefüllt wurde, herausgeprefst wurde, in kleinerer Menge dagegen bei längerem Stillstand der Wagen die Rollen völlig trocken liefs, so dafs dieselben rosten konnten.



2 C-h 4 Schnellzuglokomotive der engl. Südbahn.

Als Vorteil der Rollenlager zeigte sich vor allem ein wesentlich geringerer Anfahrwiderstand. Er betrug im Durchschnitt bei den Wagen mit Rollenlagern 3,5 kg/t gegenüber etwa 25 kg/t, also dem siebenfachen bei den Wagen mit Gleitlagern. Auch der Fahrwiderstand der Rollenlager war viel geringer. Die Wagen mit Rollenlagern hatten aufserdem einen ruhigeren Gang und neigten weniger zum Warmlaufen. Als besonderer Vorteil der Rollenlager mufs auch hervorgehoben werden, dafs die betreffenden Wagen bei Bremsversuchen nie ein Gleiten der Räder auf den Schienen zeigten, während sich dies bei den Wagen mit Gleitlagern bei denselben Versuchen selten vermeiden liefs.

Nach Ansicht der Bahngesellschaft ist das Rollenlager hinsichtlich der Laufeigenschaften dem Gleitlager zweifellos überlegen. Seine allgemeine Einführung wird aber davon abhängen, dafs es eine genügende Lebensdauer hat und dafs sein Preis noch gesenkt werden kann. R. D.

(Railw. Age 1926, 2. Halbj., Nr. 18.)

2 C-h 4 Schnellzuglokomotive der Englischen Südbahn.

Die neue Lokomotive (siehe Abb.) ist nach den Entwürfen von Maunsell für die Beförderung der immer schwerer werdenden Schnellzüge in der Bahnwerkstätte zu Eastleigh gebaut worden. Als „Nelson"-Klasse stellt die neue Bauart eine wesentliche Verstärkung der bisherigen „König Arthur"-Klasse vor, deren Abmessungen unten zum Vergleich mit angegeben sind.

Da eine Vergröfserung der beiden Zylinder der „König Arthur"-Klasse innerhalb der Umgrenzungslinie nicht mehr möglich war, mufste zur Vierzylinderanordnung übergegangen werden. Dabei wählte man im Gegensatz zu der üblichen englischen Ausführung nicht den Einachsantrieb, sondern liefs die Aufsenzylinder auf die zweite, die in der gleichen Querebene liegenden Innenzylinder dagegen auf die erste Kuppelachse wirken, wie dies beispielsweise bei der preufsischen S 10¹ Lokomotive, sowie bei einer grofsen Zahl von Lokomotiven der Paris-Lyon-Mittelmeerbahn der Fall ist. Die Kurbeln sind aber nicht in der sonst üblichen Weise jeweils um 90° versetzt, sondern die Aufsen- und Innenkurbeln jeder Seite um 135° und die beiden Aufsen bzw. Innenkurbeln gegeneinander um 90°. Es sollen mit dieser Anordnung gleichmäfsigere Drehkräfte am Radumfang und bessere Feueranfachung — wie beim Dreizylindertriebwerk — erzielt werden. Maunsell will mit dieser Anordnung in einem zweijährigen Versuch mit einer umgebauten, älteren Lokomotive gute Erfahrungen gemacht haben.

Der Kessel besitzt Belpaire-Feuerbüchse und Maunsell-Überhitzer, Die Stehbolzen sind im Feuerbereich aus Stahl, im übrigen aus Kupfer. Das Führerhaus ist entgegen der bisher in England üblichen Bauweise sehr geräumig und besitzt seitliche Fenster. Ebenso ist der verhältnismäfsig grofse Drehgestellachsstand (2286 mm) und die Verwendung eines Ausgleichgestänges für die Bremse sonst bei englischen Lokomotiven selten zu finden. Der Tender läuft auf zwei zweiachsigen Drehgestellen.

Die Hauptabmessungen der Lokomotive, verglichen mit denen der „König Arthur"-Klasse, sind:

	2 C-h 2 Lokomotive „König Arthur"-Klasse	2 C-h 4 Lokomotive „Nelson"-Klasse	
Kesselüberdruck p	14	15,5	at
Zylinderdurchmesser d	2 × 521	4 × 419	mm
Kolbenhub h	711	660	„
Kesseldurchmesser, aufsen gröfster	—	1758	„
Kesselmitte über Schienenoberkante	—	2794	„
Heizrohre, Anzahl	—	173	Stück
„ Durchmesser aufsen	—	51	mm
Rauchrohre, Anzahl	—	27	Stück
„ Durchmesser, aufsen	—	133	mm
Rohrlänge	—	4318	„
Heizfläche der Feuerbüchse	174,2 (Feuerbüchse und Rohre)	18,0	m²
„ „ Rohre		166,9	„
„ des Überhitzers	31,3	34,9	„
„ im ganzen — H	205,5	219,8	„
Rostfläche R	2,78	3,06	„
Durchmesser der Treibräder D	2007	2007	mm
„ „ Laufräder	1092	940	„
„ „ Tenderräder	—	1092	„
Fester Achsstand (Kuppelachsen)	—	4572	„
Ganzer Achsstand der Lokomotive	—	8992	„
Ganzer Achsstand der Lokomotive einschliefslich Tender	—	18517	„
Reibungsgewicht G_1	60,0	61,95	t
Achsdruck des Drehgestells	—	21,55	„
Dienstgewicht der Lokomotive G	81,8	83,5	„
Dienstgewicht des Tenders	56.7	56,7	„
Leergewicht des Tenders	29,6	29,6	„
Vorrat an Wasser	22,7	22,7	m³
„ „ Brennstoff	5,0	5,0	t
H : R	73,9	71,8	—
H : G	—	2,63	m²/t
H : G_1	—	3,54	„

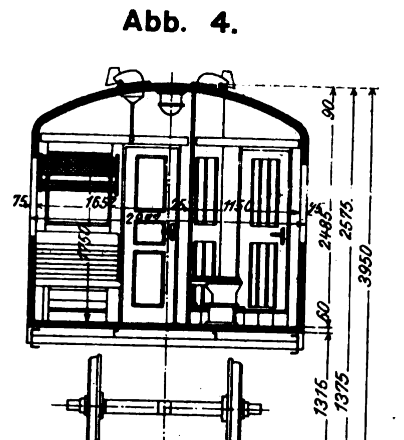
(Engineering 1926, Nr. 3170.) R. D.

Für die Schriftleitung verantwortlich: Reichsbahnoberrat Dr. Ing. H. Uebelacker in Nürnberg. — C. W. Kreidel's Verlag in München.
Druck von Carl Ritter, G. m. b. H. in Wiesbaden.

und ihre Versuchsergebnisse.

Abb. 3.

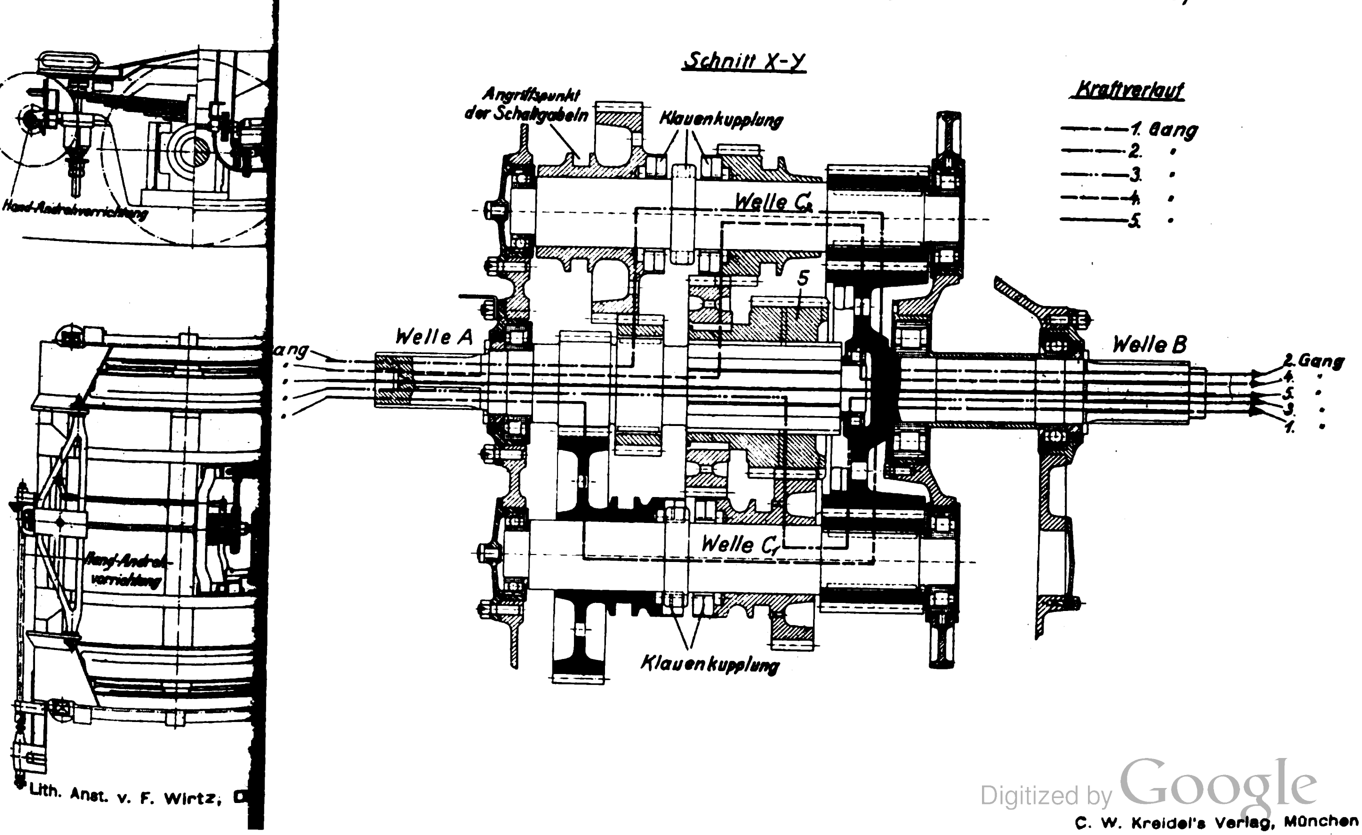
Abb. 4.



Lampe.
Sauger.
3. Klasse 27 Sitzplätze.
4. „ 49 „
Wagengewicht etwa 39 800 kg.
Beleuchtung: System Bosch.
2 Sechszyl. Motoren von je 90 P.S. = 180 P.S.
Luftdruckbremse Bauart „Knorr" 16ᵉ
Wechselgetriebe mit 5 Geschwindigkeiten.
Höchstgeschwindigkeit in der Ebene 72 Km.
Kl. = Klappsitz.

Abb. 1 bis 4 Ansicht des neuen Verbrennungstriebwagens.
Maßstab 1:80.

Abb. 9. (in 4/3 facher Größe von Abb. 7 und 8.)



Lith. Anst. v. F. Wirtz, D

C. W. Kreidel's Verlag, München

Zum Aufsatz: Die neuen Verbrennungstriebwagen der deutschen Reichsbahn-Gesellschaft und ihre Versuchsergebnisse.

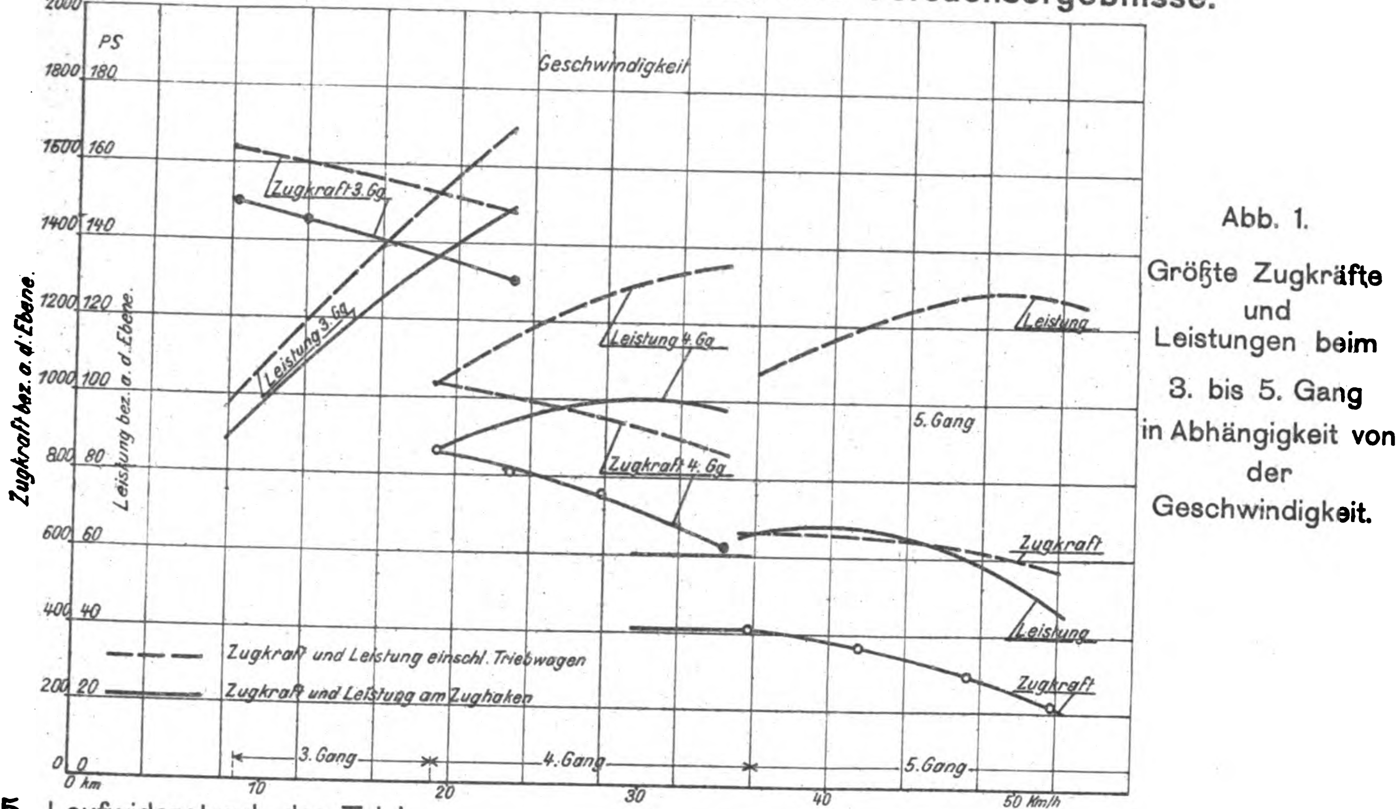


Abb. 1. Größte Zugkräfte und Leistungen beim 3. bis 5. Gang in Abhängigkeit von der Geschwindigkeit.

Abb. 5. Laufwiderstand des Triebwagens.

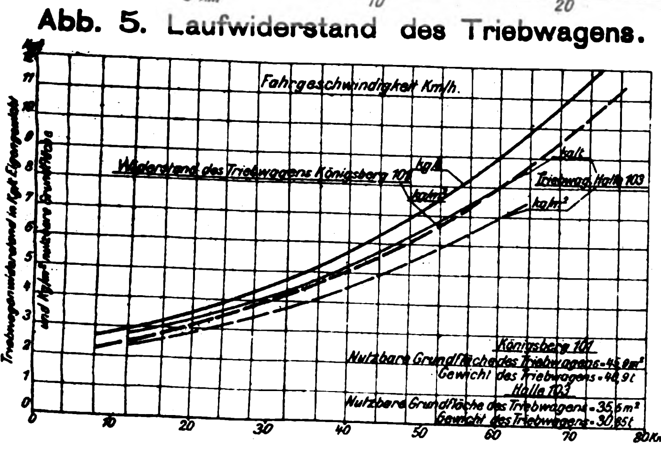
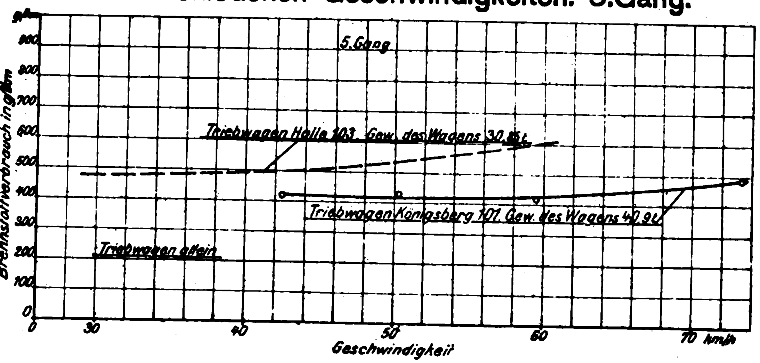




Abb. 4. Brennstoffverbrauch in g/tkm bei verschiedenen Geschwindigkeiten. 5. Gang.



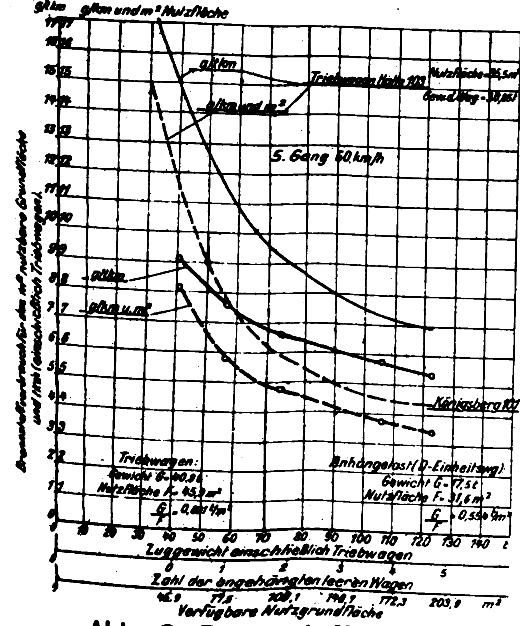


Abb. 3. Brennstoffverbrauch für das geleistete Nutzflächen-kilometer und tkm.

Abb. 2. S-V Schaulinien des Triebwagens.

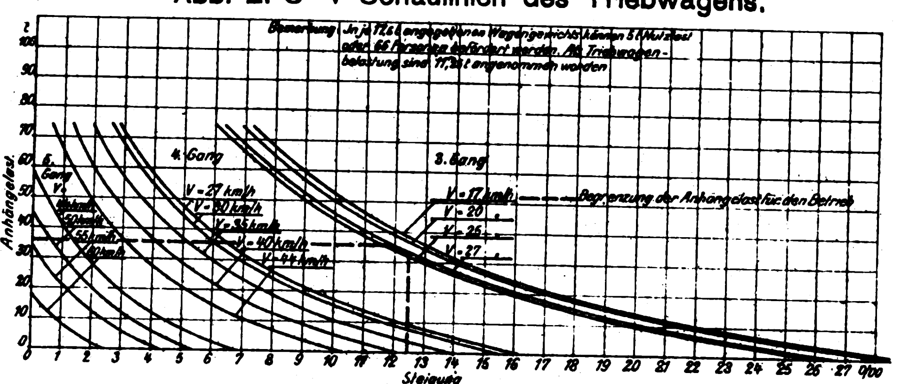


Abb. 1. bis 5 Ergebnisse der Versuchsfahrten.

Lith. Anst. v. F. Wirtz, Darmstadt.

C. W. Kreidel's Verlag, München



1927
82. Jahrgang.

Heft 13
15. Juli

ORGAN
FÜR DIE
FORTSCHRITTE DES EISENBAHNWESENS

TECHNISCHES FACHBLATT
DES VEREINS DEUTSCHER
EISENBAHNVERWALTUNGEN



HERAUSGEGEBEN VON
DR. ING. H. UEBELACKER
C. W. KREIDEL'S VERLAG · MÜNCHEN

Inhalt:

Versuchsfahrten mit der verstärkten G t 96⁰ (2 × 4/4)-Lokomotive des ehemals bayerischen Netzes der Reichsbahn. H. Nordmann. 231.

Über die Leistungsfähigkeit der Ablaufanlagen von Flachbahnhöfen und Gefällsbahnhöfen. Dr. Ing. Frohne. 238.

Der Bahnhof Markham der Illinois Central-Eisenbahn. Wernekke. 244.

Ergebnisse der Sitzung des V. Ausschusses der U. J. C., Technische Fragen, in Paris am 20. und 21. Dezember 1926. 247.

Der amerikanische Lokomotivbau zur Frage der Hochdrucklokomotive. 248.

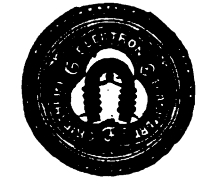
Die zweite 1 D - 2 h v-Hochdrucklokomotive der Delaware- und Hudson-Bahn. 249.

Besprechungen.

Der Industriestaub, Wesen und Bekämpfung. 249.

Zuschrift an die Schriftleitung. 250.

Verschiedenes. 250.



Organ für die Fortschritte des Eisenbahnwesens
Technisches Fachblatt des Vereins Deutscher Eisenbahn-Verwaltungen
Schriftleitung: Dr. Ing. H. Uebelacker, Nürnberg, unter Mitwirkung von Dr. Ing. A. E. Bloss, Dresden.
82. Jahrgang | 15. Juli 1927 | Heft 13

Versuchsfahrten mit der verstärkten G t 96° (2×4/4)-Lokomotive des ehemals bayerischen Netzes der Reichsbahn.

Von Professor **H. Nordmann**, Reichsbahnoberrat, Mitglied des Reichsbahn-Zentralamts in Berlin.

Im Dezember vorigen und Januar dieses Jahres fanden auf den Strecken Probstzella—Rothenkirchen und Berlin (Grunewald)—Güterglück eingehende Versuchsfahrten mit der umgebauten G t 96°-Lokomotive der ehemals bayerischen Staatsbahn statt. Die Fahrten bieten dadurch ein besonderes Interesse, daſs sie das Ergebnis des Versuchs darstellen, die Mallet-Rimrott-Lokomotive durch ein geeignetes Volumenverhältnis der Zylinder (unter Beibehaltung der Niederdruckzylinder) und durch Ausrüstung der Lokomotive mit allen neueren Hilfsmitteln für den Betrieb auf Steilrampen noch vorteilhafter zu gestalten. Gewisse Mängel, die der Mallet-Maschine gegenüber dem Vorteil einer gegliederten und daher trotz vieler Treibachsen kurvenläufigen Lokomotive innewohnen, sind daher kurz zu erörtern.

Die bayerische G t 96°-Lokomotive war hauptsächlich als schwere Schiebelokomotive für die Steilrampe Probstzella—Rothenkirchen (1 : 40) zur Überschreitung des Rennsteiges an der Grenze des Thüringer- und Frankenwaldes bestimmt, daneben für eine zweite Steilrampe im Zuge der Strecke Aschaffenburg—Würzburg. Die Lokomotive in ihrer ersten Ausführung besaſs mit vollen Vorräten ein Reibungsgewicht von 123,2 t, bei der zweiten Lieferung von 127,6 t. Nachdem die preuſsische T 20-Lokomotive 1923 in gröſserer Anzahl angeliefert worden war, wurden auch einige Lokomotiven dieser Gattung in Probstzella für den Schiebedienst auf der gleichen Strecke beheimatet. Obgleich diese Maschine nur über 95,3 t Reibungsgewicht bei vollen Vorräten verfügte, vermochte sie doch etwa die gleiche Schiebeleistung herzugeben, wie die im Reibungsgewicht um 32 t schwerere Mallet-Lokomotive. Dieser Umstand führte die Schwächen der Mallet-Lokomotive vor Augen und bot den Anreiz, die G t 2×4/4-Lokomotive so zu verbessern, daſs sie, ihrem wesentlich höheren Reibungsgewicht annähernd entsprechend, auch eine höhere Zugkraft mit Sicherheit herzugeben vermochte.

Die Schwächen der Mallet-Lokomotive bestehen in zwei Umständen, die zum Teil zusammenhängen. Einmal erfährt die Lokomotive durch die Zug- bzw. Druckkraft beim Schieben ein Kippmoment, das die vordere Achsengruppe entlastet, dagegen die hintere stärker belastet; eine Erscheinung, die durch den Umstand um ein geringes verstärkt wird, daſs sich der Gesamtschwerpunkt der Lokomotive durch die Verschiebung des Wasserschwerpunktes im Kessel und Tender nach hinten (infolge der Schrägstellung in der Steigung) gleichfalls etwas nach rückwärts verschiebt. Diese Erscheinung tritt naturgemäſs bei jeder Lokomotive auf, bleibt aber bei Maschinen mit nur einem gekuppelten Achssystem in ihrer Gesamtwirkung belanglos. Bei der Mallet-Lokomotive hat dagegen die vordere Achsgruppe ihre besondere Dampfmaschine, und während hier eine Minderung des Reibungsgewichtes eintritt, ist bei dem üblichen Zylinderraumverhältnis der Verbundlokomotive und den verhältnismäſsig groſsen Füllungen der Steilrampenlokomotiven oft gerade diese Zylindergruppe mit der höheren Zugkraft ausgestattet. Die Sache geht oft so weit, daſs das vordere Gestell zu schleudern anfängt; dieses Schleudern verschwindet allerdings durch den Druckabfall im Verbinder sehr schnell, und nun tritt eine wesentlich verstärkte Zugkraft an den hinteren Kuppelachsen mit den Hochdruckzylindern auf, die nun gegen einen sehr geringen Verbinderdruck arbeiten und ihrerseits Schleudern veranlassen. Mit Rücksicht darauf, daſs die Maschinengruppe mit der gröſseren Zugkraft die Ausnutzbarkeit der Reibungsziffer diktiert, kann daher die andere Achsgruppe trotz der vielleicht vorhandenen dampftechnischen Möglichkeit nicht ihre volle Zugkraft hergeben. Die Ausnutzbarkeit des Reibungsgewichtes insgesamt leidet also dadurch gegenüber einer gewöhnlichen Lokomotive, besonders dann, wenn man zur Vermeidung des Schleuderns mit einer gewissen Vorsicht fährt. Will man diesen Mangel möglichst beseitigen und die Ausnutzbarkeit des groſsen Reibungsgewichtes erhöhen, so ist ein solches Zylinderraumverhältnis das Haupterfordernis, daſs die beiden Zylindergruppen annähernd gleiche, eher sogar noch die Hochdruckzylinder etwas gröſsere Zugkräfte hergeben, und zwar gerade bei an sich groſser Gesamtzugkraft, d. h. also groſser Füllung, auch verhältnismäſsig groſser Füllung im rankinisierten Diagramm. Stellt man sich in einfachster Form das rankinisierte Diagramm vor (Abb. 1), so ist ersichtlich, daſs sich Hochdruck- und Niederdruckdiagramm im Gegensatz zu stärker expandierenden Maschinen nur dann mit etwa gleichem Inhalt versehen lassen, wenn der Hochdruckzylinder nennenswert gröſser ist, als es bei den üblichen Verbundlokomotiven der Fall zu sein braucht.

Abb. 1. Einfluſs des Zylinder-Raumverhältnisses auf die Arbeitsverteilung.

Diesem Gedankengang wurde denn auch beim Umbau der Maschine gefolgt und das Zylinderraumverhältnis, das früher 1 : 2,28 betrug, durch die Wahl gröſserer Hochdruckzylinder (600 mm statt bisher 520 mm Durchmesser) in ein solches von 1 : 1,78 umgewandelt. Gleichzeitig wurde die Lokomotive, um über die gewonnenen höheren Zugkräfte auch bei ungünstiger Witterung sicher verfügen zu können, mit vervollkommneter Sandung ausgerüstet und im betrieblichen Sinne noch weiter dadurch vervollkommnet, daſs sie für Gegendruckbremse eingerichtet wurde, und zwar unter Beibehaltung der Verbundwirkung, also sozusagen als zweistufiger Kompressor. Der Leerlauf wurde durch Einbau ergiebiger Druckausgleicher mit Eckventilen erleichtert. Der Kessel erhielt eine neue Rohrteilung, die zwar eine verkleinerte Verdampfungsheizfläche (200 statt bisher 234 m²), aber bei stärkeren Wasserstegen ergab und die Überhitzerheizfläche (durch Erhöhung der Rauchrohranzahl) von 57,8 auf 65,4 m² brachte. Endlich wurde die Lokomotive in ihrem Wärmewirkungsgrad dadurch verbessert, daſs man sie mit einem in den Rauchkammerscheitel eingebetteten Vorwärmer versah. Die dergestalt umgebaute Loko-

motive (Abb. 2) ist es also, die den Versuchen unterworfen wurde, und wenn es auch zu bedauern ist, dafs nicht ein Parallelversuch mit einer noch nicht umgebauten Malett-Lokomotive angestellt werden konnte, so war ein Mafsstab für die erreichte Verbesserung doch dann gegeben, wenn es gelang, die Zugkräfte der T 20-Lokomotive nunmehr mit Sicherheit nennenswert zu übertreffen.

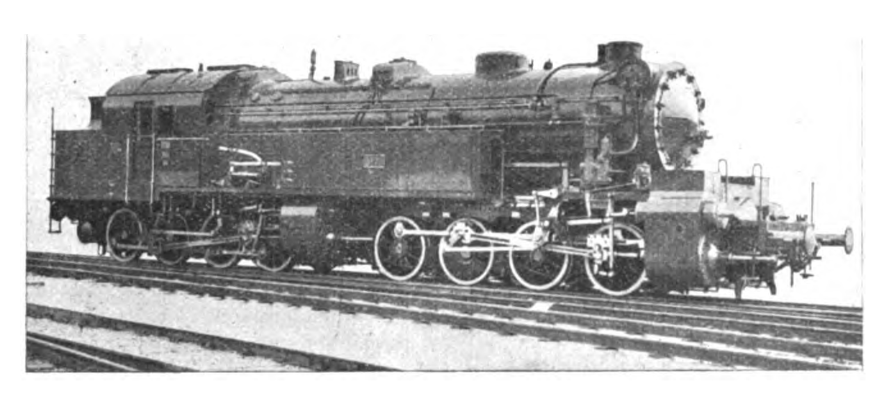


Abb. 2. Umgebaute Gt 96⁰ (2 × 4/4) Lokomotive.

Dampfspannung	15 at	Heizfläche der Feuerbüchse	14,6 m²
Durchmesser der Hochdruckzylinder	600 mm	Heizfläche der Rohre	185,8 „
Durchmesser der Niederdruckzylinder	800 „	Ueberhitzerheizfläche	65,4 „
Kolbenhub	640 „	Gesamtheizfläche (feuerberührt)	265,8 „
Treibraddurchmesser	1216 „	Rostfläche	4,25 „
Mittlere Zugkraft	20200 kg	Leergewicht	106,5 t
		Reibungsgewicht	132,3 „

Bei beiden Versuchsreihen (Probstzella—Rothenkirchen und Berlin—Güterglück) wurden zum ersten Male nicht nur gelegentlich, sondern grundsätzlich als Belastung Lokomotiven mit Gegendruckbremsen gewählt, die mit dazwischen geschaltetem Mefswagen durch die Untersuchungslokomotive gezogen wurden. Diese Art der Belastung hat sich für die Verbrauchsversuche aufserordentlich gut bewährt; sie bietet völlige Unabhängigkeit von einer eigentlichen Zuglast, die möglicherweise im Güterzugverkehr nicht immer in der gewünschten Höhe von selbst anfällt, und gestattet vor allen Dingen, sich von der Steigung und dem Steigungswechsel unabhängig zu machen. Ist die Gegendruckbremse der Belastungsmaschine zunächst nicht in Tätigkeit gesetzt, so ist mit der verhältnismäfsig kleinen Last von Mefswagen und Bremslokomotive ein schnelles Anfahren möglich, so dafs die Anfahrperiode keine oder keine nennenswerte Rolle spielt, und selbst bei verhältnismäfsig kurzen Fahrten die Strecke fast völlig im Beharrungszustande zurückgelegt werden kann. Wenn es auch auf nicht zu kurzen Steigungen schon bisher bei normaler Betriebsweise möglich war, einen für die Dampfmessung zeitlich ausreichenden Beharrungszustand zu erhalten, so können doch für eine zuverlässige Messung des **Kohlenverbrauchs** im Beharrungszustande nur Fahrten von mehrstündiger Dauer unter gleicher Last in Frage kommen, weil für kurze Fahrten das Fehlerglied der schwer genau zu schätzenden Ausgleichskohlenmenge zu grofs ist. Wie sehr man sich dabei verschätzen kann, geht daraus hervor, dafs wir bei anderer Gelegenheit für eine **kurze** Fahrstrecke, auf der uns Kohlen von bekanntem Heizwert zur Verfügung standen, einmal einen Kesselwirkungsgrad von 100 % rechnungsmäfsig erhalten haben. Die Belastung, ausgedrückt durch die Zugkraft am Zughaken, ist naturgemäfs um so genauer inne zu halten, je geringeren Einflufs die Schwerkraftkomponente hat, und die verbleibenden Schwankungen bei Gefällwechsel lassen sich dann durch Betätigung des Drosselventils der Gegendruckbremse noch fast völlig beseitigen. Die Güte der Messungsart mit der Bremslokomotive geht denn auch aus der kaum noch vorhandenen Streuung der einzelnen Versuchspunkte hervor, (vergl. Abb. 4 und 10). Für Versuche mit sehr grofsen Zugkräften, also an der Reibungsgrenze von Steilrampenlokomotiven, empfiehlt es sich häufig, trotzdem auf eine Steigungsstrecke zu gehen, weil für die sichere Erzeugung der sehr grofsen Zugkräfte ihre teilweise Bestreitung aus der Schwerkraftkomponente erwünscht ist, um die Gegendruckbremse der geschleppten Maschine nicht übermäfsig in Anspruch zu nehmen.

Die Versuche auf der Strecke Probstzella—Rothenkirchen wurden mit geringeren Geschwindigkeiten von 14,6 bis 17,8 km/h also in der Nähe der Reibungsgrenze unter Verwendung einer T 20-Lokomotive als Belastung ausgeführt; dabei wurde der Dampfverbrauch der Lokomotive in Abhängigkeit von der Zughakenleistung bei konstanter Geschwindigkeit festgestellt, wobei nach üblichem Brauch die unmittelbar erhaltenen Werte auf die Wagrechte umgerechnet, also die Schwerkraftkomponente der arbeitenden Lokomotive auf den Zughaken geschlagen wurde. Zum Teil wurde auf dieser Strecke aber auch mit gröfseren Geschwindigkeiten bis zu 49 km/h gefahren, und zwar bei möglichst konstanter Heizflächenanstrengung, um die Charakteristik der Lokomotive, also die Abhängigkeit der PS von der Fahrgeschwindigkeit bei einer gleichmäfsigen Kesselanstrengung von 57 kg Dampf/m²h zu gewinnen. Die Auswertung der Dampfverbrauchsversuche geschah wie üblich in doppelter Form, einmal unter Bezugnahme auf die gesamte Fahrzeit und unter Einrechnung des Dampfverbrauchs der Hilfsmaschinen, andererseits bezogen auf die Fahrzeit unter Dampf und unter Abzug des Pumpendampfes, wobei der Dampfverbrauch der Luftpumpe durch Hubzähler besonders festgestellt war, bezogen also auf die eigentliche Lokomotivmaschine im reinen Beharrungszustand.

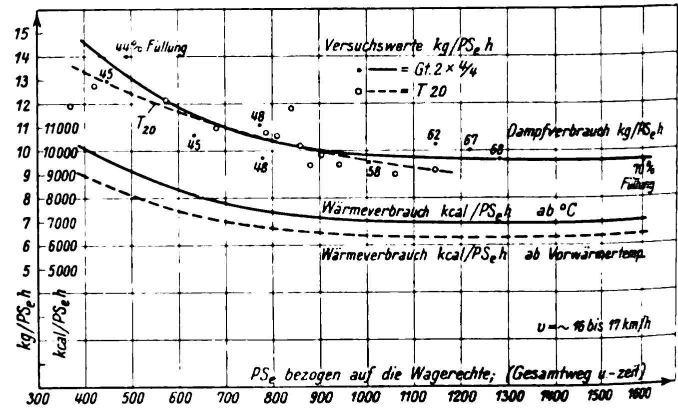


Abb. 3. Dampfverbrauch und Wärmeverbrauch für die $PS_e h$ bezogen auf die Wagrechte bei gleicher mittlerer Fahrgeschwindigkeit (v = 16 bis 17 km/h).

Die Versuchsergebnisse sind in der **Zusammenstellung** auf Seite 234 und 235 Ziffer 1 wiedergegeben. Die erzielten Dampfverbrauchszahlen, und zwar unter Einrechnung der Hilfsmaschinen und auf die Gesamtfahrzeit bezogen, die sich allerdings bei der geringen Fahrgeschwindigkeit von der Fahrzeit unter Dampf kaum unterscheidet, sind aus Abb. 3 zu erkennen; dabei ist noch die Verbrauchskurve der T 20-Lokomotive punktiert eingezeichnet worden. Die T 20-Lokomotive wurde bei der entgegengesetzten Fahrtrichtung als Zuglokomotive benutzt, um bei dieser Gelegenheit die später noch zu behandelnden Brems-

zugkräfte der G t 96° (2 × 4/4) zu erhalten. Auf diese Weise war jede Fahrtrichtung nutzbar.

In der Abb. 4 ist der Dampfverbrauch, bezogen auf die Dampfzeit und nach Abzug der Hilfsmaschinen, also nur der eigentlichen Lokomotivmaschine, zum Ausdruck gebracht, gleichzeitig ist in ihr die Kurve des mechanischen Wirkungsgrades dargestellt. Während über den Dampfverbrauch im einzelnen,

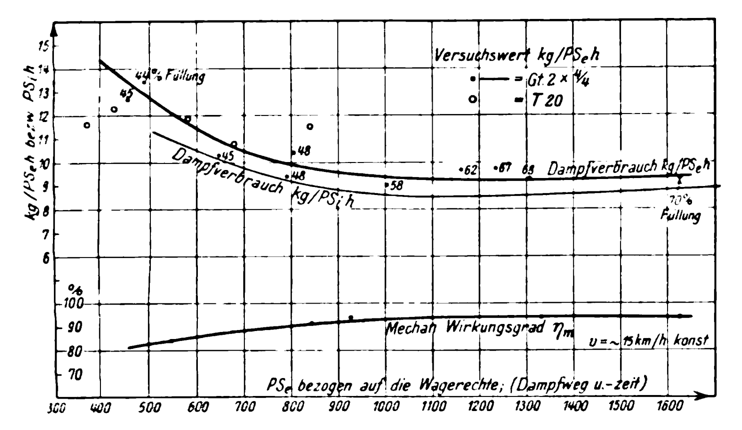


Abb. 4. Dampfverbrauch — ohne Pumpen — für die PS_eh und PS_ih, bezogen auf die Wagrechte bei gleicher mittlerer Fahrgeschwindigkeit (v = 16 bis 17 km/h).

der also als Bruttoverbrauch nach Abb. 3 sein Minimum mit 9,6 kg/PS_eh bei etwa 1250 PS_e und für die Lokomotivmaschine allein nach Abb. 4 mit 9,2 kg erreicht, um dann etwa konstant zu bleiben, später noch etwas zu sagen sein wird, sei auf die hohen Werte des mechanischen Wirkungsgrades gleich hier hingewiesen. Die Einzelwerte sind in üblicher Weise durch Vergleich der gemessenen Zugkraft und Geschwindigkeit zu der aus dem Indikatordiagramm entnommenen Zugkraft erhalten; die Werte streuen, wie die Abb. 4 zeigt, fast gar nicht. Sie sind dadurch bemerkenswert, dafs die Lokomotive trotz ihres vierzylindrigen Triebwerkes den Wirkungsgrad von 94 % erreicht und damit die Erfahrung weiter bestätigt, dafs bei guter Werkstättenarbeit die Lokomotive allgemein trotz vielfacher Kupplung oder vielteiligen Triebwerkes einen sehr hohen Wirkungsgrad besitzt. Fast möchte man versucht sein, an Anzeigefehler zu denken, wenn hier beispielsweise bei geringer Geschwindigkeit nur 6 % Reibungsverluste auftreten, doch wird der Sachverhalt schon einleuchtender, wenn man bedenkt, dafs bei etwa 24 t höchster Zugkraft die 6 % einen Bewegungswiderstand der Lokomotive von 1,44 t ausmachen, und auf ein mittleres Dienstgewicht von 120 t bezogen der spezifische Lokomotivwiderstand also 12 kg/t ist. In dieser Art der Darstellung wird — gegenüber dem Laufwiderstand der Wagen von 2,5 kg/t — der im Vergleich zur Zugkraft niedrige Lokomotivwiderstand schon weniger Erstaunen erregen.

In Abb. 5 sind die erreichten Temperaturen im Schieberkasten und Verbinder dargestellt. Die Lokomotive erreicht demnach bei 1100 PS_e die gute Schieberkastentemperatur von 350°. Der Dampf im Verbinder ist gleichfalls bei allen gröfseren Leistungen noch nennenswert überhitzt, und selbst der Ausströmdampf weist bei sehr grofsen Leistungen noch eine Überhitzung auf, so dafs in diesem Gebiet mit dem wieder etwas abnehmenden Wärmegefälle auch die thermische Güte der Lokomotive etwas abnimmt. Der indizierte Dampfverbrauch ist in Abb. 4 mit dargestellt; er ergibt sich durch Multiplikation des effektiven Dampfverbrauchs mit dem Gesamtwirkungsgrad und erreicht seinen unteren Scheitel bei etwa 1150 PS mit 8,5 kg. Das leichte Wiederansteigen ist der eben erwähnten zunehmenden Ausströmtemperatur bei sehr hoher Leistung zuzuschreiben.

In Abb. 3 sind auch die aus der Dampfverbrauchskurve abgeleiteten Kurven des Wärmeverbrauchs in kcal/PSh zum Ausdruck gebracht, und zwar einmal unter der Annahme eines Speisewassers von 0°, andererseits unter Rechnung von der Vorwärmertemperatur ab, also unter Bezugnahme auf diejenige Dampfwärme, die von der Kohle nur erzeugt zu werden braucht. Die letztere Kurve würde noch etwas günstiger liegen, wenn nicht die Speisewasser-Temperatur hinter dem Vorwärmer wegen der versehentlich eingebauten Eisen- statt Messingrohre zu wünschen übrig gelassen hätte. Nachdem bei den neueren Lokomotiven gleichzeitig die Drücke die früher häufigsten von 12 at und die Dampftemperaturen die früheren Regelwerte von 300° bis 320° nennenswert überschreiten, gehen wir neuerdings dazu über, neben dem gewichtsmäfsigen Dampfverbrauch noch die aufzuwendenden kcal/PSh als exaktes Arbeitsäquivalent (wie im ortsfesten Maschinenbau) zu ermitteln; in diesem Falle liegt der untere Scheitel auf das Kohlenäquivalent bezogen bei 6300 kcal für den Zughaken, die nun noch mit dem Kesselwirkungsgrad zu teilen sind.

Einige Fahrten dienten wie bereits angedeutet dazu, bei verschiedenen Geschwindigkeiten, aber gleichbleibender Kesselleistung die Lokomotivcharakteristik festzustellen. Als Heizflächenbelastung wurde der Wert von 57 kg m^2h gewählt, der sich im Laufe der gesamten letzten Untersuchungen im allgemeinen als zweckmäfsig ergeben hatte. Die Spalte der Heizflächenbelastung zeigt, dafs es bei einer Reihe von Fahrten gelungen ist, diesem Wert so nahe zu kommen, dafs man die Umrechnung auf den genauen Wert von 57 kg/m^2h im Wege der einfachen Verhältnisbildung vornehmen darf. Die Leistungscharakteristik über der Geschwindigkeit ist in den Abb. 6 und 7 dargestellt, und zwar sowohl für die indizierte wie für die effektive Leistung. Der Scheitel der Leistungscharakteristik liegt bei der effektiven Leistung über der Geschwindigkeit von 26 km/h, während er bei der indizierten Leistung bei 31 km/h liegt. Diese Differenz der günstigsten Geschwindigkeiten ist begründet in dem mit der Geschwindigkeit zunehmenden eigenen Leistungsbedarf der Lokomotive. Die Charakteristik ist verhältnismäfsig stark gewölbt und hat gegenüber der Leistung

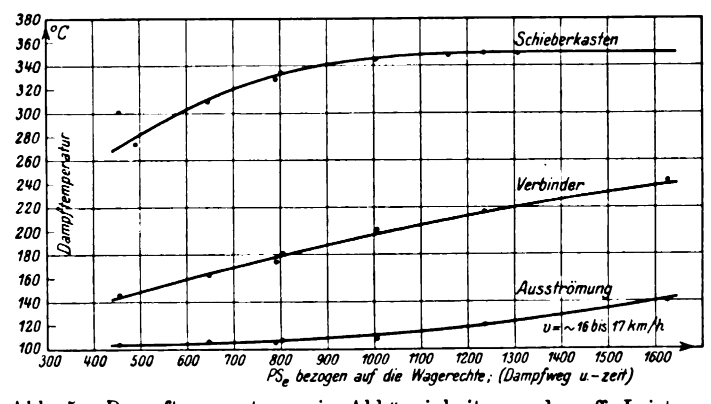


Abb. 5. Dampftemperaturen in Abhängigkeit von der eff. Leistung auf der Wagrechten bei gleicher mittlerer Fahrgeschwindigkeit (v = 16 bis 17 km/h).

an der Reibungsgrenze bei 12 km/h eine Pfeilhöhe von reichlich 200 PS; trotzdem wird man die Lokomotive als geeignete Steilrampenlokomotive bezeichnen können, weil die günstigste Geschwindigkeit anderer Steilrampenlokomotiven nennenswert höher liegt. Die Reibungsgeschwindigkeit selbst ist in der Weise ermittelt worden, dafs die hyperbelähnliche Zugkraftkurve mit dem Z max als einer Parallele zur Abszissenachse zum Schnitt gebracht worden ist. Dabei ist hier eine höchste Reibungsziffer von 0,19 am Radumfang zugrunde gelegt, entsprechend einer höchsten Zughakenzugkraft von 22,2 t auf

Lok.-Nr. 5773 Gt 2 × 4/4.

Zusammenstellung der Versuchsfahrten und

Datum	Strecke	Entfernung	Fahrzeit	Mittlere Geschwindigkeit	Mittlere Steigung	Unter Dampf: Weg	Unter Dampf: Fahrzeit	Unter Dampf: Mittlere Geschwindigkeit	Unter Dampf: Mittlere Steigung	Bezogen auf Gesamtweg und -zeit in PSe: Mittlere Leistung	Bezogen auf Gesamtweg: Steigungsleistung d. Lok.	Bezogen auf Gesamtweg: Gesamtleistung a. d. Ebene	Bezogen auf Dampfweg und -zeit in PSe: Mittlere Leistung	Bezogen auf Dampfweg: Steigungsleistung d. Lok.	Bezogen auf Dampfweg: Gesamtleistung a. d. Ebene	Indizierte Leistung	Mech. Wirkungsgrad nach Kurve Anlage 4	Mittlere Zugkraft in t bezogen auf: Gesamtweg	Mittlere Zugkraft: Dampfweg	Mittlere Füllung	Mittlerer Dampfdruck in atü: Kessel	Schieberkasten	Verbinder	Blasrohr	Mittlerer Unterdruck in mm Wassersäule: Rauchkammer	Feuerbuchse	Aschkasten
1926		km	Min.	km/Std.	‰	km	Min.	km/Std.	‰							PSi	%			%							
1. Versuchsfahrten auf der																											
13. 12.	Pb—St	13	46	17	19,2	12,6	45	16,8	19,8	302	145	447	309	148	457	561	81,4	4,84	4,99	45	14,2	8,5	1,7	0,04	24	9	2
	Pb—St	13	54	14,45	19,2	12,9	53	14,6	19,8	508	124	632	518	128	646	742	87	9,54	9,62	45	14,3	11,3	2,5	0,06	38	15	4
	Pb—St	13	50,5	15,45	19,2	12,9	50	15,5	19,8	646	132	778	653	136	789	876	90	11,25	11,44	48	14,4	12,8	2,8	0,06	53	19	3
14. 12.	Pb—St	13	51	15,3	19,2	12,9	50,5	15,3	19,8	641	131	772	647	135	802	889	90,2	11,35	11,43	48	14,5	13,2	2,9	0,08	62	17	4
	Roth—St	12	49	14,7	17,6	11,9	49	14,7	17,6	890	115	1005	890	115	1005	1081	93	16,4	16,53	58	14,5	13,4	3,6	0,11	99	30	6
15. 12.	Pb—St	13	45	17,8	19,2	12,9	44,5	17,4	19,8	1070	148	1218	1082	153	1235	1313	94	16,72	16,86	67	14,6	13,3	3,9	0,21	140	41	10
	Roth—St	12	32,5	22,1	17,6	11,9	32	22,3	17,6	1430	173	1603	1450	175	1625	—	—	17,48	17,64	70	14,8	13,4	4,3	0,33	205	57	12
	Pb—St	13	44	17,7	19,2	12,9	43,5	17,8	19,8	1130	151	1281	1150	157	1307	1391	94	17,41	17,54	68	14,4	13,2	4,0	0,19	142	36	9
16. 12.	Pb—St	13	20	39	19,2	12,8	20	38,4	19,8	976	333	1309	976	337	1313	—	—	6,78	6,88	48	14,8	13,8	3,4	0,23	164	54	10
	St—Roth	12	42	17,1	17,6	12	42	17,1	17,6	623	−134	489	623	−134	489	595	82,2	9,86	9,86	44	14	7,2	1,4	0	244	10	6
	Pb—St	13	30	26	19,2	12,9	30	26	19,8	980	222	1202	980	228	1208	—	—	10,19	10,28	45	15	13,7	3,1	0,11	84	25	8
	St—Roth	12	20	36	17,6	11,6	19,75	35,2	17,6	1300	−281	1019	1315	−276	1039	—	—	9,79	10,12	42	15,1	12,3	2,8	0,07	89	29	7
17. 12.	Pb—St	13	48	16,25	19,2	12,9	47,5	16,3	19,8	1007	139	1146	1017	144	1161	1242	93,5	16,77	16,91	62	14,9	13,9	3,7	0,15	107	32	7
	Roth—St	12	21,5	33,5	17,6	11,9	21,5	33,5	17,6	675	262	937	675	262	937	—	—	5,45	5,5	41	14	12,8	2,6	0,10	78	32	5
	Pb—St	13	24,5	31,8	19,2	12,9	24	32,3	19,8	829	272	1101	845	284	1129	—	—	7,05	7,11	42	14,7	13,6	3,1	0,12	89	30	5
	Roth—St	12	18,5	38,9	17,6	11,9	18,5	38,8	17,6	770	304	1074	770	304	1074	—	—	4,95	4,98	40	14,2	13,4	2,9	0,12	85	30	6
1927	**2. Versuchsfahrten auf der**																										
5. 1.	Gd—Big	62	109	34,1	—	61,3	108	34	—	656	—	—	662	—	—	—	—	5,2	5,27	42	14,5	9,6	2,0	0,02	48	21	8
	Big—Wsn	12,5	23	32,6	—	12,3	22	33,5	—	756	—	—	790	—	—	—	—	6,29	6,39	43	14,4	11,5	2,4	0,05	67	26	5
	Wsn—Gk	33	58	34,1	—	32,2	57	33,9	—	652	—	—	664	—	—	—	—	5,17	5,3	42	14,2	8,4	1,8	0,01	36	17	5
	Gd—Gk	107,5	190	34	—	105,8	187	34	—	666	—	—	677	—	—	—	—	5,4	5,5	—	—	—	—	—	—	—	—
	Gk—Big	45,5	83	32,9	—	45,1	83	32,6	—	746	—	—	746	—	—	—	—	6,14	6,2	42	14,8	10,3	2,0	0,03	49	20	5
	Big—Dw	46	77	35,8	—	45,6	77	35,5	—	620	—	—	620	—	—	—	—	4,69	4,73	40	14,3	9,6	1,9	0,01	33	16	3
	Gk—Dw	91,5	160	34,3	—	90,7	160	34	—	685	—	—	685	—	—	—	—	5,41	5,46	—	—	—	—	—	—	—	—
6. 1.	Gd—Big	62	105	35,4	—	61,5	103	35,8	—	862	—	—	878	—	—	—	—	6,59	6,64	39	14,6	12,4	2,4	0,08	55	23	4
	Big—Gk	45,5	80	34,2	—	44,9	80	33,7	—	750	—	—	750	—	—	—	—	6,42	6,51	38	13,9	12,5	2,5	0,07	51	24	4
	Gd—Gk	107,5	185	34,9	—	106,4	183	34,9	—	837	—	—	845	—	—	—	—	6,51	6,58	—	—	—	—	—	—	—	—
	Gk—Big	45,5	90	30,4	—	44,9	90	30	—	840	—	—	840	—	—	—	—	7,52	7,62	38	14,8	13,7	2,5	0,05	49	21	4
	Big—Dw	46	75	36,8	—	45,9	75	36,7	—	1035	—	—	1035	—	—	—	—	7,63	7,65	39	14,2	13,4	2,6	0,06	66	30	4
	Gk—Dw	91,5	165	33,3	—	90,8	165	33	—	930	—	—	930	—	—	—	—	7,61	7,62	—	—	—	—	—	—	—	—
7. 1.	Gd—Big	62	113	32,9	—	61,2	111	33,1	—	1050	—	—	1070	—	—	—	—	8,66	8,78	40	14,8	14,1	2,8	0,10	78	32	8
	Bik—Gk	45,5	80	34,1	—	44,8	80	33,6	—	1190	—	—	1190	—	—	—	—	9,43	9,58	42	14,6	13,9	3,0	0,11	85	36	7
	Gd—Gk	107,5	193	33,4	—	106	191	33,3	—	1085	—	—	1095	—	—	—	—	8,8	9,11	—	—	—	—	—	—	—	—
	Gk—Bik	45,5	86	31,7	—	44,8	86	31,3	—	1165	—	—	1165	—	—	—	—	9,93	10,08	41	14,9	14,4	3,0	0,10	80	33	4
	Big—Dw	46	77	35,8	—	45,7	77	35,6	—	1365	—	—	1365	—	—	—	—	10,33	10,39	44	14,5	13,8	3,0	0,13	101	39	7
	Gk—Dw	91,5	163	33,7	—	90,5	163	33,3	—	1260	—	—	1260	—	—	—	—	10,12	10,23	—	—	—	—	—	—	—	—
8. 1.	Gd—Brk	49	88	33,4	—	47,9	88	32,6	—	1330	—	—	1330	—	—	—	—	10,78	11,03	—	—	—	—	—	—	—	—
	Brk—Big	13	25	31,2	—	12,8	25	30,7	—	1300		—	1300	—	—	—	—	11,33	11,51	45	14,6	13,9	3,1	0,15	112	47	8
	Big—Wsn	12,5	25	30	—	12,2	24	30,5	—	1350	—	—	1410	—	—	—	—	12,2	12,51	49	14,8	14,1	3,4	0,21	140	53	10
	Gd—Wsn	74,5	138	32,4	—	72,9	137	31,9	—	1330	—	—	1340*	20	1360	—	—	11,11	11,36	—	—	—	—	—	—	—	—
21. 1.	Gd—Big	62	108	34,4	—	60,8	106	34,4	—	853	—	—	870	—	—	—	—	6,72	6,86	37	14,6	13,5	2,5	0,10	61	26	4
	Bik—Gk	45,5	77	35,5	—	44,9	76	35,5	—	912	—	—	924	—	—	—	—	6,97	7,06	37	14,4	13,4	2,5	0,11	70	33	4
	Gd—Gk	107,5	185	34,9	—	105,7	182	34,9	—	880	—	—	892	—	—	—	—	6,88	6,99	—	—	—	—	—	—	—	—
	Gk—Big	45,5	88	31	—	44,8	87	30,8	—	1000	—	—	1015	—	—	—	—	8,77	8,91	39	14,9	14,3	2,7	0,12	76	32	4
	Big—Dw	46	75	36,8	—	45,8	75	36,6	—	1216	—	—	1216	—	—	—	—	8,97	9,0	41	14,6	13,8	2,9	0,14	191	44	4
	Gk—Dw	91,5	163	33,7	—	90,6	162	33,5	—	1100	—	—	1108	—	—	—	—	8,91	8,96	—	—	—	—	—	—	—	—

Pb = Probstzella. St = Steinbach. Roth = Rothenkirchen. Gd = Grunewald. Big = Belzig. Wsn = Wiesenburg. Gk = Güterglück. Dw = Drewitz. Brk = Brück.

Beobachtungsergebnisse. (Meßwagen 2.)

Mittlere Temperaturen in °C: Rauchkammer Mitte	Rauchkammer hinten unten	Rauchkammer hinten oben	Überhitzerkammer	HD Schieberkasten	Verbinder	ND Schieberkasten	Ausströmung	Speisewasser-Vorwärmer Eintritt	Speisewasser-Vorwärmer Austritt	Wasser- und Brennstoffverbrauch in kg — Verd. Heizfl. 200 m² — Wasser: im Ganzen	für 1 m² Heizfläche und Std. (Gesamtzeit)	für 1 PS_e und Std.	für 1 PS_i und Std.	Dampfverbr. pro PS_e/Std. bezogen auf die Ebene	Rostfl. 4,25 m² — Kohle: im Ganzen	für 1 m² Rostfläche und Std. (Gesamtzeit)	für 1 PS_e und Std.	Kohlensorte und Heizwert	Verdampfungsziffer	Dampfverbrauch der Luftpumpe kg	Dampf zur Maschine nach Abzug des Dampfes zur Luft- und Wasserpumpe kg	Dampfverbrauch pro PS_e/Std. bezogen auf die Ebene und Dampfweg und -zeit nach Abzug des Dampfes zur Luft- und Wasserpumpe	Rauchgas-Analyse in %: CO_2	CO	O_2	H_2	Luftüberschußzahl
Strecke Rothenkirchen—Probstzella.																											
51	282	265	298	301	147	143	104	14	74	4520	29,5	19,5	10,7	13,0	—	—	—		—	95	4335	12,65	12	0	7,6	0	1,55
38	292	286	307	311	162	157	107	16	74	6200	34	13,3	9,45	10,7	—	—	—		—	100	5880	10,3	14,6	0,8	4,4	0,4	1,26
37	309	308	321	329	174	169	106	14	67	6380	38	12,7	8,74	9,74	—	—	—		—	76	6174	9,4	13	0,8	6	0,3	1,39
12	316	312	324	335	181	176	107	14	72	7290	43	13,4	9,74	11,1	—	—	—		—	110	7040	10,4	12,5	0,2	6,9	0,2	1,48
11	325	343	341	345	201	196	109	13	67	7820	47,8	10,76	8,86	9,52	—	—	—		—	270	7390	9,0	14,4	1,2	3,6	0,8	1,2
34	341	385	348	351	216	216	120	13	70	9200	61	12,35	9,45	10,05	—	—	—		—	130	8890	9,7	14,2	0,6	4,4	0,3	1,26*
55	353	395	367	373	243	238	141	12	69	8290	76,5	10,70	—	9,55	—	—	—		—	100	8020	9,36	14	0,4	4,2	0,3	1,24
27	328	358	351	351	216	210	118	13	71	9050	61,6	10,85	8,93	9,62	—	—	—		—	115	8745	9,23	14,6	1,0	3,4	0,6	1,19*
37	333	387	351	361	202	194	117	7	53	4900	73,5	15,05	—	11,2	—	—	—		—	—	—	—	—	—	—	—	—
44	253	260	278	274	139	137	104	15	79	4800	34,3	(11,0)	11,52	14,0	—	—	—		—	100	4600	13,45	—	—	—	—	—
09	317	343	348	350	186	178	109	12	70	5620	56,2	11,5	—	9,3	—	—	—		—	65	5435	9,0	13,7	0,3	4,4	0,2	1,25*
09	316	349	344	341	191	188	110	14	71	2950	44,2	—	—	8,7	—	—	—		—	—	—	—	12,8	0,2	6,2	0,2	1,41
20	320	357	333	349	197	182	112	13	62	9450	59	11,75	9,62	10,8	—	—	—		—	370	8880	9,65	13,6	1,0	4,2	0,3	1,24*
02	319	330	331	331	167	161	108	10	65	3400	47,5	14,1	—	10,1	—	—	—		—	56	3274	9,76	—	—	—	—	—
18	329	347	333	341	179	173	110	10	63	4590	56,4	19,3	—	10,18	—	—	—		—	—	—	—	—	—	—	—	—
18	329	338	336	335	181	175	110	10	72	3470	56,3	14,6	—	10,48	—	—	—		—	42	3358	10,13	13,4	0,6	4,8	0,6	1,29*
Strecke Grunewald—Güterglück.																											
83	308	314	319	325	185	179	110	18	86	12700	35	10,65	—	—	—	—	—	Mischkohle vom Lager Grunewald H_u = 7530	—	Kein Luftverbrauch, da ohne Zug nur mit Bremslokomotive belastet.	—	—	—	—	—	—	—
93	308	325	335	334	178	171	108	13	75	2960	38,5	10,2	—	—	—	—	—		—		—	—	—	—	—	—	—
73	292	303	318	314	178	174	107	12	73	6580	34	(10,45)	—	—	—	—	—		—		—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	22240	35	10,53	—	—	2600	193	1,23		8,55		21600	10,23	11,8	0	7,8	0,1	1,57
93	309	330	334	334	180	178	108	15	79	10490	38	10,18	—	—	—	—	—	Westfälische Stückkohle Zeche Holland H_u = 7560	—		—	—	—	—	—	—	—
76	293	302	319	317	177	177	108	15	74	8800	34,3	(11,05)	—	—	—	—	—		—		—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	19290	36	10,57	—	—	2100	185	1,15		9,2		18900	10,34	12,6	0,2	6,4	0,2	1,43
93	312	321	334	336	186	182	108	23	80	14920	42,5	9,9	—	—	—	—	—	Mischkohle vom Lager Grunewald H_u = 7100	—		—	—	—	—	—	—	—
83	296	303	317	320	173	170	106	21	78	10090	37,5	(9,36)	—	—	—	—	—		—		—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	25010	40,5	9,68	—	—	2785	212	1,08		9,0		24500	9,51	13,4	0,4	5,4	0,1	1,34
96	308	320	331	331	174	169	106	23	78	12260	40,8	9,72	—	—	—	—	—	Westfälische Stückkohle Zeche Holland H_u = 7720	—		—	—	—	—	—	—	—
82	326	316	337	339	189	187	109	17	72	11290	45	(8,7)	—	—	—	—	—		—		—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	23550	42,8	9,22	—	—	2580	220	1,01		9,1		23080	9,02	13,4	0,2	5,6	0,1	1,35
—	339	347	335	338	185	182	108	24	84	18020	48	9,1	—	—	—	—	—	Westfälische Stückkohle Zeche Holland H_u = 7760	—		—	—	—	—	—	—	—
—	336	343	338	339	196	188	109	20	77	13310	50	(8,4)	—	—	—	—	—		—		—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	31330	48,5	8,8	—	—	3270	239	0,92		9,56		32000	9,18	13,4	0,2	5,8	0,3	1,36
329	—	367	346	345	192	189	108	20	75	14650	51	8,78	—	—	—	—	—	Westfälische Förderkohle Zeche Carl H_u = 7020	—		—	—	—	—	—	—	—
336	—	393	349	349	202	201	111	23	76	14500	56,5	(8,28)	—	—	—	—	—		—		—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	29150	53,5	8,52	—	—	3310	287	0,97		8,8		28550	8,34	14	0,4	5	0,3	1,30
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	17000	58	7,72	—	—	—	—	—	Westfälische Stückkohle Zeche Holland H_u = 7730	—		—	—	—	—	—	—	—
—	337	374	343	341	197	194	111	25	76	5220	62,6	9,6	—	—	—	—	—		—		—	—	—	—	—	—	—
—	352	396	361	359	211	208	116	15	72	5000	60	8,96	—	—	—	—	—		—		—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	27220	59,5	8,9	—	—	3720	380	1,22		7,3		26680	8,58	13,4	1	5,2	0,5	1,32
293	304	315	326	324	171	166	107	20	80	**	—	—	—	—	1580	206	1,03	Lagerkohle Grunewald H_u = 7240	—		—	—	—	—	—	—	—
291	308	320	326	323	175	171	107	24	79	10620	—	—	—	—	1200	220	1,025		—		—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2780	212	1,026		—		—	—	14	0,6	5	0,2	1,30
295	316	340	333	329	173	169	167	26	78	12810	43,7	8,7	—	—	—	—	—	Lagerkohle Güterglück H_u = 7340	—		—	—	—	—	—	—	—
309	319	355	337	334	189	185	109	19	75	12920	51,7	8,5	—	—	—	—	—		—		—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	25730	47,3	8,57	—	—	3250	281	1,085		7,9		25200	8,42	11,8	0,2	7,8	0,3	1,58

* Kesselgrenze. — ** Wasserverlust durch offenen Hahn am Vorwärmer.

die Ebene bezogen. Der überhaupt beobachtete Höchstwert der Zugkraft auf die Ebene bezogen war 24 t. Bei einer Vorführungsfahrt vor dem Lokomotivausschuſs am 18. 3. lag bei kräftigem Sanden die Anzeige des Zugkraftmessers im Meſswagen zwischen 20 und 21 t. Da für die Lokomotive selbst noch eine Schwerkraftkomponente von 3 t zuzuschlagen ist, so bestätigte auch diese Fahrt den Höchstwert von 24 t auf die Ebene bezogen. Das Bild der Zugkraft auf dem Meſsstreifen deutete indes schon auf eine geringfügige fortwährende Phasenverschiebung der beiden Triebwerke insofern hin, als der Zugkraftschreiber zum Teil sehr ruhig lag, um darauf wieder in schwebungsartige gröſsere Ausschläge überzugehen. Diese Erscheinung wird dadurch erklärlich, daſs sich die gegenseitige Kurbelstellung der beiden Triebwerke dauernd ändert und im Falle des besonders ruhig stehenden Zugkraftmessers sich die Wellen und Täler der Tangentialdruck-Diagramme überdecken, während bei dem starken Schwanken Berg auf Berg und Tal auf Tal liegt. Daraus erhellt, daſs dieser Reibungswert der höchste ist, auf den man rechnen darf, und den man im normalen Betriebe, also bei der Zumessung des gröſsten zu befördernden Zuggewichtes lieber etwas unterschreiten sollte. Auf das Durchschnittsgewicht der Lokomotive mit 124 t bei halb aufgebrauchten Vorräten bezogen, bedeuten die 24 t Zugkraft eine Reibungsziffer von 0,193, während wir bei den gewöhnlichen Lokomotiven mit nur einer Treibachsgruppe wesentlich höhere Reibungsziffern bei trockenen Schienen und gleichzeitiger Anwendung von Sand erzielt haben; in einem Falle sogar bis 0,33 herauf. Die Erklärung dafür liegt in dem Umstande, daſs völlig gleiche Zugkräfte auch jetzt noch nicht von den beiden Zylindergruppen geleistet worden sind; das geht auch aus der Abb. 8 hervor, in der für groſse Zugkräfte bei 70 % Füllung im Hochdruckzylinder die Dampfdiagramme in rankinisierter Form dargestellt sind. Hier ist die Fläche des Hochdruckdiagramms mit 5117 mm² wesentlich gröſser als die des Niederdruckdiagramms mit 3682 mm². Der Unterschied ist bei kleinen Füllungen noch erheblich gröſser, so daſs selbst dann noch die Reibungsgrenze des Hochdrucktriebwerks gelegentlich erreicht wurde. Leider ist die Lokomotive in ihrem ursprünglichen Zustande nicht derart genauen Versuchen unterzogen worden, und man kann deshalb den Grad der Verbesserung auch nicht angeben. Ein Urteil darüber, ob das Zylinderraumverhältnis 1 : 1,78 nicht vielleicht schon etwas zu klein für die günstigsten Reibungsverhältnisse ist, ist daher gleichfalls z. Z. nicht möglich. Daſs eine etwas stärkere Belastung der Hochdruckzylinder, welche die hintere Achsgruppe antreiben, an sich richtig ist, wurde eingangs bereits erörtert.

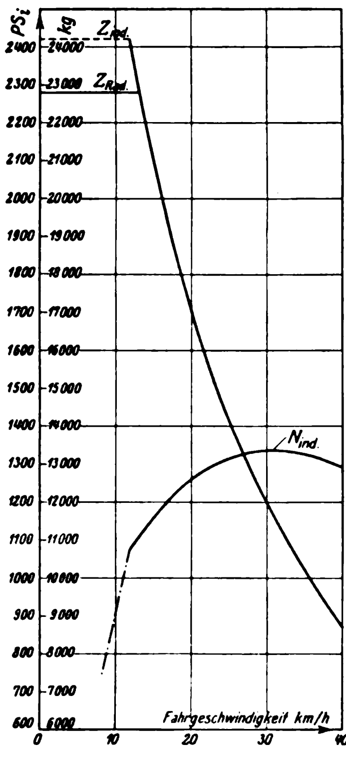


Abb. 6. Abhängigkeit der eff. Leistung und Zugkraft, bezogen auf die Wagrechte von der Fahrgeschwindigkeit bei gleicher Kesselanstrengung (57 kg/m² h).

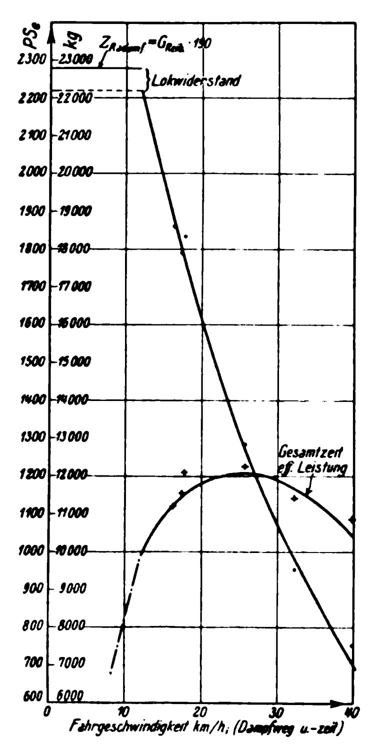
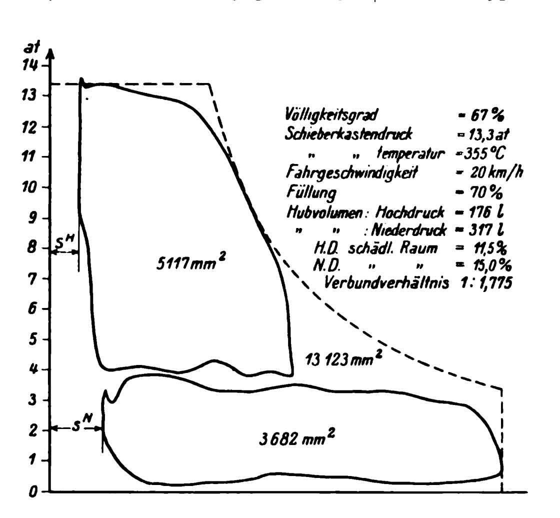


Abb. 7. Abhängigkeit der ind. Leistung und Zugkraft von der Fahrgeschwindigkeit bei gleicher Kesselanstrengung (57 kg/m² h).

Die Reibungsgeschwindigkeit, die oben mit 12 km/h angenommen wurde, würde angesichts des steilen Falls der Zugkraft-»Hyperbel« auch bei schwächerer Inanspruchnahme der Reibung nicht wesentlich steigen und etwa bei 13 oder 14 km/h liegen. Will man also das groſse Reibungsgewicht der Lokomotiven ausnutzen, so sind mit Rücksicht eben auf die Schiebemaschine Geschwindigkeiten von nicht wesentlich über 14 km/h erwünscht. Die Zuglokomotiven mit besonderem Tender (G 10-Lokomotive und später die Einheitslokomotive) haben zwar höher liegende Reibungsgeschwindigkeiten, doch wird man davon keinen Gebrauch machen, um die Schiebemaschine nicht in ihrer Zugkraft zu schädigen.



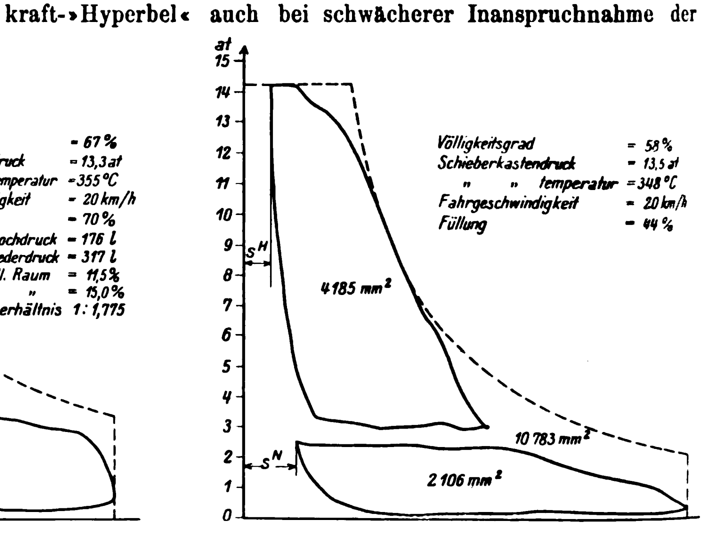


Abb. 8. Rankinisierte Dampfschaulinien der Lokomotive G t 2 × 4/4 Nr. 5773.

Die zweite groſse Versuchsreihe fand auf der Strecke nach Güterglück statt, und zwar bei einer planmäſsigen Geschwindigkeit von 35 km/h, die sich mit verhältnismäſsig kleinen Abweichungen vermöge der guten Regelfähigkeit mit der Gegendruckbremse ziemlich genau innehalten lieſs. Die Ergebnisse sind in der Zusammenstellung auf Seite 234 und 235 Ziffer 2 zum Ausdruck gebracht, die besonderes Interesse deshalb bietet, weil es hier zum ersten Male durch den stundenlang währenden Beharrungszustand ermöglicht worden ist, die Streckenfahrten auch gleichzeitig zur Ermittlung des Kesselwirkungsgrades heranzuziehen, für dessen Feststellung wir bisher auf Standversuche angewiesen waren. Aus diesem Grunde sind auch von den jeweils verfeuerten Kohlen die Analysen genommen und aus ihnen dann der Kesselwirkungsgrad errechnet. Er ist in Abb. 9 dargestellt und ist bemerkenswert durch die Höhenlage seines Scheitels mit 79 % ohne den Vorwärmer.

Die Lage des Scheitels selbst erscheint bei 40 kg spezifischer Heizflächenbelastung allerdings im Vergleich zu der entsprechenden Wirkungsgradkurve der neuen Einheitsschnellzuglokomotiven, die noch bis unterhalb 30 kg/m²h ansteigt, etwas auffällig. Doch sind noch zu wenig η-Kurven für Lokomotivkessel bekannt, um gegenüber den langen Beharrungsfahrten an der Stichhaltigkeit der gezeigten Kurve zweifeln zu dürfen. Die **Wirkungsgrade sind die höchsten bisher bei Lokomotivkesseln beobachteten.**

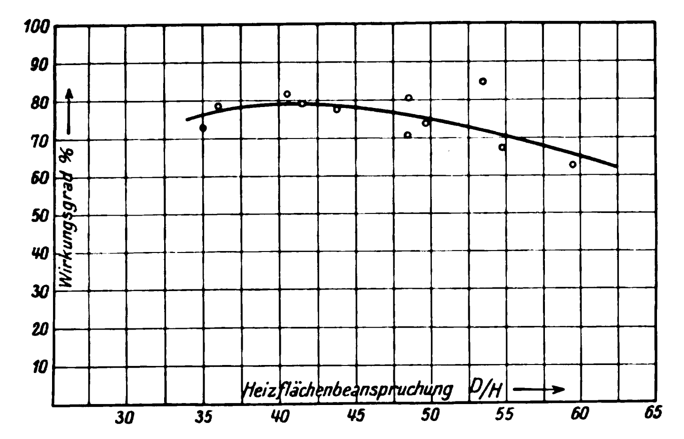


Abb. 9. Kesselwirkungsgrad der bayer. Gt 2 × 4/4 Lokomotive.

Auch bei diesen Versuchsfahrten sind wiederum die Dampfverbrauchskurven aufgenommen worden; sie sind in der Abb. 10 wiedergegeben und liegen tiefer als bei den ersterwähnten. Ein erneuter Beweis dafür, dafs die Geschwindigkeitszunahme vorteilhaft auf den Dampfverbrauch einwirkt, indem die Lässigkeitsverluste kleiner sind, sowohl wegen der geringeren Zeit des Kolbenhubs als auch wegen des kleineren Druckunterschiedes, und dieser Gewinn offenbar mehr ausmacht als der Einflufs der Drosselung. In Abb. 10 ist dann auch noch der Wärmeverbrauch für die $PS_e h$ mit und ohne Vorwärmer dargestellt, der seinen unteren Scheitel diesmal bei 5700 cal aufweist. Von der allgemeinen Eigenschaft des mit der Geschwindigkeit abnehmenden spezifischen Dampfverbrauchs ist man aber bei einer Steilrampenlokomotive nicht in der Lage, Gebrauch zu machen, und man mufs sich mit diesem kleinen Nachteil schon abfinden. Für die Rampengeschwindigkeiten bedeuten übrigens die 6300 kcal für die $PS_e h$, wenn man sie mit dem zugehörigen Kesselwirkungsgrad von 0,73 verbindet, einen Kalorienverbrauch am Zughaken von 8630 kcal, ein Wert, der selbst hier bei der Steilrampenlokomotive günstiger ist, als man ihn häufig für die Dampflokomotive angegeben findet.

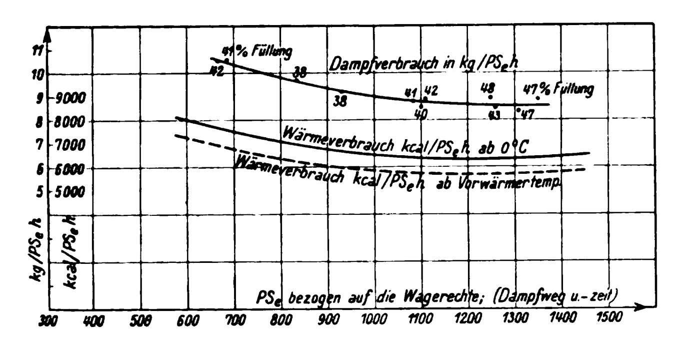


Abb. 10. Dampfverbrauch und Wärmeverbrauch einschl. Pumpen für die $PS_e h$, bezogen auf die Wagrechte bei gleicher mittlerer Fahrgeschwindigkeit (35 km/h).

Eine letzte Versuchsreihe endlich bezog sich auf die Wirkung der Gegendruckbremse; wie bereits erwähnt, konnten diese Versuche bei der jeweiligen Talfahrt in Verbindung mit der T 20-Lokomotive erhalten werden, so dafs die Versuchsreihe keinen besonderen Zeitaufwand erforderte. Bei der Gt 2 × 4/4 kann man die Gegendruckbremse so handhaben, dafs man die Verbundmaschine auch als zweistufigen Kompressor laufen läfst; man kann aber auch, indem man die schluckfähigen Druckausgleichventile der einen oder anderen Zylindergruppe einschaltet, nur jeweils eine Zylindergruppe wirksam sein lassen. (Beide Druckausgleichventilgruppen gleichzeitig einzuschalten, hat keinen Sinn, da dann die Bremswirkung fortfällt.) Aus diesem Grunde sind in Abb. 11, worin die Bremskurven als Beziehung zwischen abzubremsender Zuglast und Gefällverhältnis wiedergegeben sind, die Drücke als Parameter der einzelnen Kurven als **resultierender** Schieberkastendrücke p = p Hochdruck + 1,78 p Niederdruck zu den Kurven angegeben. Auf diese Weise ist ein nun allerdings auf die kleineren Zylinder bezogener Schieberkastendruck möglich, der selbst höher als der Kesseldruck ist, während es sich tatsächlich um eine nicht übermäfsige Beanspruchung der Reibung handelt. Da sich für den Lokomotivführer keine Möglichkeit bietet, diesen resultierenden Druck unmittelbar zu beobachten, so bremst er in der Regel bei geöffnetem Niederdruckausgleich mit den Hochdruckzylindern allein, deren Schieberkastendruck er am Schieberkastenmanometer abzulesen vermag. Hierfür gilt dann die Abb. 12, derzufolge die Lokomotive bei 25 km/h Geschwindigkeit, bei der diese Kurven aufgenommen sind und im Steigungsverhältnis von 25‰ noch selbst bei etwa halber Kesselspannung 300 t Zuglast abzubremsen vermag. Als höchste (umgerechnete) Zuglast bei zweistufiger Kompression erscheinen in der Kurvenschar der vorangehenden Abbildung sogar 517 t.

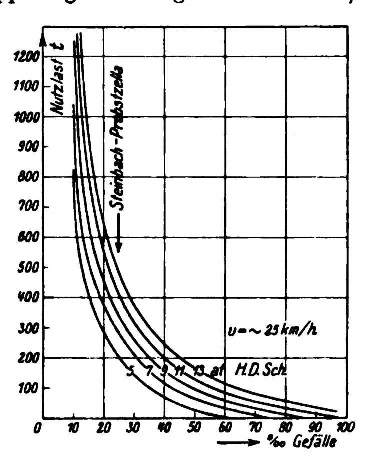


Abb. 11. Mit der Gegendruckbremse auf verschiedenen Gefällen bei verschiedenen reduz. Schieberkastendrücken mit gleichförmiger Fahrgeschwindigkeit abgesenkte Zuggewichte (v = ~ 25 km/h).

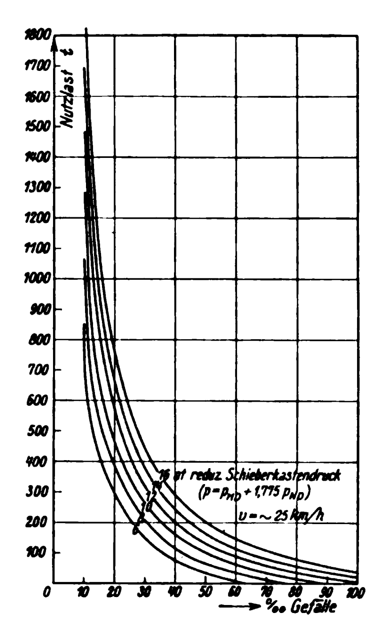
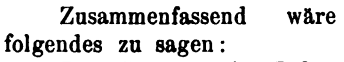


Abb. 12. Mit der Gegendruckbremse bei geöffnetem N. D.-Druckausgleich auf verschiedenen Gefällen bei verschiedenen Drücken im H. D.-Schieberkasten mit gleichförmiger Fahrgeschwindigkeit abgesenkte Zuggewichte (v = ~ 25 km/h).

Zusammenfassend wäre folgendes zu sagen:



Die Gt 2 × 4/4 - Lokomotive in ihrer umgebauten Form genügt allen Ansprüchen, die man hinsichtlich der Wärmewirtschaft an eine Steilrampenlokomotive stellen kann. Sie ist in ihrem mechanischen Wirkungsgrad trotz ihres vielteiligen Triebwerks den Regellokomotiven ebenbürtig und gestattet, mit dem nunmehr angewendeten Zylinderraumverhältnis eine wenn auch nicht ebenso gute spezifische Ausnutzung des Reibungsgewichtes wie eine gewöhnliche Lokomotive, so doch eine genügend hohe Reibungsziffer inne zu halten, um gegenüber der T 20-Lokomotive mit 30 t geringerem Reibungsgewicht einen nennenswerten

Zuwachs an Zughakenzugkraft zu haben. Der Kessel ist angesichts seines Wirkunggrades und der Dampftemperatur von 350° sogar als recht gut gelungen zu bezeichnen; wesentlich höhere Überhitzungen bringen bei Maschinen mit verhältnismäfsig grofsen Füllungen keinen Vorteil mehr. Daraus, dafs die Lokomotive durch ihre Verbundwirkung einen thermischen Vorteil vor der T 20-Lokomotive nicht besitzt, ist ein Vorwurf nicht zu erheben. Die Versuche mit den beiden Einheitsschnellzuglokomotiven haben ergeben, dafs im Gebiet der hohen Leistungen die Verbundwirkung einen Vorteil bis zu etwa 5% bringt, dagegen im Gebiet der kleinen und mittleren Leistungen die Ersparnisse sogar ins Negative umschlagen, so dafs also ein durchschlagender Vorteil der Verbundwirkung auch hier nicht eingetreten ist. Bei einer gelenkigen Mallet-Lokomotive ist gleichwohl die Verbundwirkung deshalb berechtigt, weil man gelenkige Rohrleitungen höchstens für den Verbinderdruck zu haben braucht, statt der schwer dicht zu erhaltenden beweglichen Hochdruckleitung. Im ganzen hat die Lokomotive durch den Umbau erheblich gewonnen. Sie ist die an Zugkraft gröfste deutsche Tenderlokomotive geworden.

Über die Leistungsfähigkeit der Ablaufanlagen von Flachbahnhöfen und Gefällsbahnhöfen.

Von Reichsbahnrat Dr. Ing. **Frohne**, Dresden.

Die wissenschaftliche Behandlung der Ablaufanlagen von Verschiebebahnhöfen hat sich überwiegend mit den Ablaufvorgängen einzelner Wagen und sich folgender Wagengruppen beschäftigt. Im allgemeinen wurde angenommen, dafs die Ablaufdauer eines Zuges aus der Gruppenfolgezeit und die tägliche Leistungsfähigkeit einer Ablaufanlage aus der Ablaufdauer eines Zuges und der Zahl der Züge genügend genau errechnet werden kann.

Die so gewonnenen Ansichten über die Leistungsfähigkeit von Ablaufanlagen weichen ziemlich stark voneinander ab. Sieht man von älteren Angaben in der Literatur ab, so sind als neuere Ansichten die von Blum und Bäseler anzuführen. Blum schreibt*):

„Es ist also zu prüfen, ob die ‚einfache Ablaufanlage‘ nicht noch wesentlich in ihrer Leistungsfähigkeit gesteigert werden kann. Diese Frage ist nach den vorliegenden Tatsachen zu bejahen und wir sind zu dem Schlufs berechtigt, dafs sich eine Leistung von 6000 Wagen je Berg und Tag wird erzielen lassen; Cauer hält sogar 8000 Wagen für möglich. Aber die Zahl von 6000 Wagen ist schon so hoch, dafs wir selbst an den stärkst belasteten Punkten dann keine Doppelberge brauchen.

Bäselers Ansichten über die Leistungsfähigkeit des zwangläufigen Ablaufs sind wie folgt zusammengefafst**): „Wenn alle fünf Sekunden ein Wagen läuft, so sind das zwölf Wagen in der Minute, oder ein Zug von 60 Wagen in fünf Minuten. Nehmen wir an, dafs der Ablaufberg von allen störenden Fahrten, auch der Zuglokomotiven entlastet ist, was man durch entsprechende Ausbildung der Weichenanlagen immer erreichen kann, und dafs der nächste Zug schon an den Berg herangedrückt wird, wenn der vorhergehende noch läuft, so dafs das Ablaufgeschäft sofort weitergehen kann, und erfordert es, sagen wir, $2^1/_2$ Min. Zwischenzeit, bis der erste Wagen des neuen Zuges drankommt, so braucht man $5 + 2^1/_2 = 7^1/_2$ Min. für einen Zug; oder man leistet acht Züge $= 8 \times 60 = 480$ Wagen in der Stunde, oder in 20 Betriebsstunden $20 \times 480 = 9600$ Wagen. Da hierbei noch kein Zeitgewinn für Gruppenabläufe gerechnet ist, und auch die vier Überschufsstunden im Notfall ausgenutzt werden können, sind Spitzenleistungen von mehr als 10000 Wagen möglich.“

Die Erfahrungen, die Verfasser auf Grund eingehender Arbeits- und Zeitstudien auf verschiedenen Verschiebebahnhöfen gemacht hat, lassen es als fraglich erscheinen, ob — auch bei weitgehendster Mechanisierung des Ablaufs — in absehbarer Zeit mit derartigen Zahlen gerechnet werden kann. Obwohl viele, namentlich die in der Hauptsache theoretisch arbeitenden Fachkollegen, diese Zweifel nicht teilen werden, dürfte es doch richtig sein, wenn die wertvollen und unbedingt notwendigen Einzelablaufuntersuchungen durch genaue, alle betrieblichen Verhältnisse und Schwierigkeiten berücksichtigende Untersuchungen über die Gesamtleistungsfähigkeit von Ablaufanlagen ergänzt werden, da diese für den Betriebsleiter mafsgebend ist. Hierbei wird auch die Frage, ob der Flachbahnhof mit Eselsrücken (Abdrückanlage) dem Gefällsbahnhof (Abrollanlage) wirklich so restlos überlegen ist, wie aus der Ablaufdauer einzelner Züge geschlossen werden könnte, mit wissenschaftlicher Gründlichkeit zu prüfen sein. Die bisherigen Ansichten über diese Frage sind von mafsgebender Seite in dem Urteil zusammengefafst*): »Es scheint aber klar zu sein, dafs die Anordnung mit Gefällrücken vor der mit durchgehender Neigung den Vorzug verdient.«

Nach Einführung der einheitlich mechanisierten Ablaufanlage in Hamm konnte zum erstenmal die Zuführungsgeschwindigkeit auf einer Abdrückanlage von im Mittel etwa 0,8 m/Sek. auf 1,5 m/Sek. gesteigert werden. Bei dieser Zuführungsgeschwindigkeit sinkt die Ablaufzeit eines 60-Wagenzuges von etwa 11,9 Min. auf etwa 6,3 Min. Wird die Ablaufzeit eines Zuges geringer, so kann die Zahl der ablaufenden Züge und damit die Gesamtleistung einer Ablaufanlage unter sonst gleichen Verhältnissen gröfser werden. Als erste für die Leistungsfähigkeit einer Ablaufanlage mafsgebende Gröfse ist also die durchschnittliche Zuführungsgeschwindigkeit anzusehen. Die Leistungen werden weiter davon abhängig sein, nach welcher Zeit ein Ablaufzug dem vorhergehenden folgen kann, d. h. also von der Pause zwischen dem Ablauf zweier Züge. Neben der Gröfse dieser Pausen ist auch deren Anzahl von Einflufs; diese wird um so gröfser sein, je kürzer die einzelnen Ablaufzüge sind. Als zweite und dritte mafsgebende Gröfse für die Leistungsfähigkeit einer Ablaufanlage sind also die notwendige Zwischenzeit zwischen dem Ablauf zweier Züge und die durchschnittliche Stärke der Ablaufzüge anzusehen. Als vierte die Leistungsfähigkeit entscheidend beeinflussende Gröfse ist schliefslich die Zeitdauer anzusehen, die in 24 Stunden für den eigentlichen Ablauf zur Verfügung steht, oder anders ausgedrückt, die Gröfse und Häufigkeit der Unterbrechungen des Ablaufs durch äufsere Einflüsse.

Die vorstehend für die Leistungsfähigkeit einer Ablaufanlage als mafsgebend erkannten vier Gröfsen sollen im folgenden einzeln untersucht werden.

I. Der Einflufs der Zuführungsgeschwindigkeit auf die Leistungsfähigkeit einer Ablaufanlage.

Rechnet man mit einer gleichbleibenden Zuführungsgeschwindigkeit von v m/Sek., so läfst sich die Ablaufdauer t eines Zuges von n Wagen mit der durchschnittlichen Länge l aus der Gleichung

$$t = \frac{n\,l}{v}$$

berechnen. Die Ablaufdauer nimmt also mit zunehmender Zuführungsgeschwindigkeit nicht in einer geraden Linie, sondern

*) Eisenbahnwesen, Sonderausgabe der Zeitschrift des Vereins Deutscher Ingenieure 1925, S. 225 „Verschiebebahnhöfe“ von Prof. Dr. Blum, Hannover.

**) Organ für die Fortschritte des Eisenbahnwesens, Heft 12 vom 30. Juni 1926, Seite 226 „Ziele und Wege der Verschiebetechnik“ von Reichsbahnrat Dr. Ing. W. Bäseler, München.

*) Verkehrstechnische Woche, Heft 37 vom 15. September 1926, Vorwort vom Generaldirektor der Deutschen Reichsbahn-Gesellschaft Dr. Dorpmüller, Berlin.

in einer Hyperbel ab. Diese Feststellung ist besonders wichtig, wenn man sich die Frage vorlegt, bis zu welcher Höhe die Zuführungsgeschwindigkeit gesteigert werden kann.

In Zusammenstellung 1 sind die Ablaufzeiten in Minuten für einen 60 Wagen starken Zug bei einer durchschnittlichen Wagenlänge von 9,50 m und einer Zuführungsgeschwindigkeit von 0,3 bis 2,0 m/Sek. angegeben.

2. die Regelung der Zuführungsgeschwindigkeit,
3. die Zerlegung des Zuges in einzelne Ablaufgruppen,
4. die Vorflut.

Zu 1. Die zur Erzielung der Zuführungsgeschwindigkeit notwendige Kraft wird auf Flachbahnhöfen durch Druckmaschinen erzeugt. Auf die Beziehungen zwischen Stärke der Druckmaschinen, Gewicht der Züge und Profil der Ablaufgleise sowie auf die neueren Vorschläge von Derikartz (Ersatz der Druckmaschine durch eine ortsfeste Anlage) soll unter Hinweis auf die Literatur*) nicht näher eingegangen werden.

Zusammenstellung 1.

Zuführungsgeschwindigkeit m/Sek.	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0
Ablaufdauer Min.	31,67	23,75	19,00	15,83	13,57	11,88	10,56	9,50	8,64	7,92	7,31	6,79	6,33	5,94	5,59	5,28	5,00	4,75

Diese Werte sind in Textabb. 1 zeichnerisch aufgetragen.

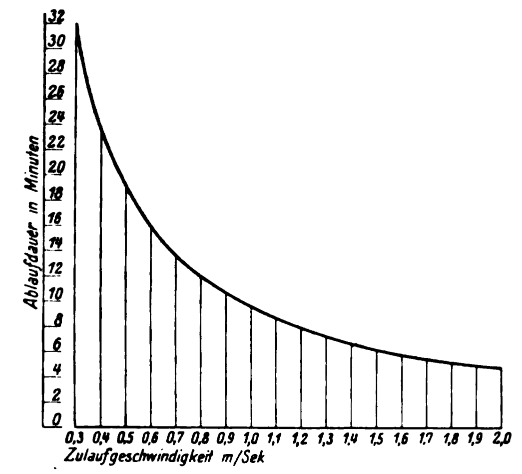


Abb. 1. Ablaufzeiten in Minuten für einen 60 Wagen starken Zug bei einer durchschnittlichen Wagenlänge von 9,5 m und einer Zuführungsgeschwindigkeit von 0,3 bis 2,0 m/Sek.

Aus Textabb. 1 geht deutlich hervor, dafs die Steigerung der Zuführungsgeschwindigkeit nur bis zu einer gewissen Grenze praktische Bedeutung hat, da der Gewinn an Ablaufzeit bei zunehmender Zuführungsgeschwindigkeit immer geringer wird, wie aus Zusammenstellung 2 hervorgeht.

Auf Gefällsbahnhöfen wird die Zuführungsgeschwindigkeit durch die Abtriebkraft des in Neigung stehenden Zuggewichtes erzeugt. Für die richtige Durchbildung des Längenprofils der Ablaufgleise auf Gefällsbahnhöfen fehlen in der Literatur eingehendere Untersuchungen. Die Schwierigkeit auf Gefällsbahnhöfen liegt darin, die Ablaufzüge in Gang zu bringen. Dies zeigt sich namentlich im Winter, wenn bei starker Kälte und unzweckmäfsigem Achsenöl die innere Reibung sehr grofs wird. In den Textabb. 2 bis 6 sind die Längenprofile der Ablaufgleise der gröfseren deutschen Gefällsbahnhöfe zusammengestellt.

Die Textabb. 2 bis 6 lassen erkennen, dafs die durchschnittliche Neigung 1:100 beträgt. Auf mehreren Bahnhöfen (Dresden-Friedrichstadt vor dem Umbau, Nürnberg, Chemnitz-Hilberdorf) ist die durchgehende Neigung 1:100 nicht bis an das Ende der Ablaufgleise durchgeführt, sondern es sind zum Teil aus örtlichen Rücksichten, zum Teil auch aus falscher Sparsamkeit die Ablaufgleise nach dem Ende zu in flachere Neigung, ja sogar in Gegenneigung gelegt worden. Diese Anordnung hat während des gröfsten Teiles des Jahres keine nachteilige Bedeutung, da der in Neigung stehende vordere Zugteil den in der flacheren Neigung stehenden Teil in der Regel mit abzieht. Sehr nachteilig kann sich dagegen die flachere Neigung oder das Gegengefälle im Winter auswirken, wie z. Z. die Ausführungen von Wöhrl beweisen**). Wöhrl verlangt, »um eine Wiederholung der — besonders in dem strengen Winter 1921/22 in Nürnberg aufgetretenen — aufserordentlichen Schwierigkeiten hintanzuhalten«, für einen Gefällsbahnhof »zwei Entwurfsbearbeitungen — die eine für reine Gefällsarbeit, die zweite für Lokomotivarbeit.« Die von Wöhrl

Zusammenstellung 2.

Zuführungsgeschwindigkeit m/Sek.	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0
Ablaufdauer Min.	31,67	23,75	19,00	15,83	13,57	11,88	10,56	9,50	8,64	7,92	7,31	6,79	6,33	5,94	5,59	5,28	5,00	4,75
Gewinn an Ablaufzeit Min.	7,92	4,75	3,17	2,26	1,69	1,32	1,06	0,86	0,72	0,61	0,52	0,46	0,39	0,35	0,31	0,28	0,25	

Man erkennt, dafs es für die Ablaufdauer eines Zuges von gröfster Bedeutung ist, die durchschnittliche Zuführungsgeschwindigkeit z. B. von 0,4 auf 0,5 m/Sek. zu steigern (Gewinn 4,75 Min. bei jedem Zuge). Es ist jedoch unerheblich, wenn die Zuführungsgeschwindigkeit von 1,4 auf 1,5 m/Sek. gesteigert wird (Gewinn nur 0,46 Min. bei jedem Zuge). Man wird sich also im jedem Falle fragen müssen, ob die Nachteile, die eine Erhöhung der Zuführungsgeschwindigkeit mit sich bringt, auch durch einen entsprechenden Gewinn ausgeglichen werden.

Auf die Zuführungsgeschwindigkeit einer gut unterhaltenen Ablaufanlage ist von entscheidendem Einflufs:

1. die Stärke der die Zuführungsgeschwindigkeit erzeugenden Kraft,

*) Verzeichnis der deutschen Literatur über Verschiebebahnhöfe 1926 von Reichsbahnrat Fr. Wagner.

**) Organ für die Fortschritte des Eisenbahnwesens 1925, Heft 14, Seite 288 „Grenzen der Erhöhung der Leistungsfähigkeit der Verschiebebahnhöfe durch Anwendung mechanischer Einrichtungen (moderne Rangiertechnik)“ von Reichsbahnoberrat A. Wöhrl, Nürnberg.

beobachteten Schwierigkeiten wurden auf den sächsischen Gefällsbahnhöfen bei weitem nicht in dem in Nürnberg aufgetretenen Umfange festgestellt. Dies dürfte in erster Linie auf die günstigere Profilgestaltung der Ablaufgleise zurückzuführen sein; die durchschnittliche Neigung der Ablaufgleise und damit auch die Abtriebkraft der Züge ist gröfser. Für die Ausbildung der Neigung der Ablaufgleise auf Gefällsbahnhöfen bieten sich also zwei Möglichkeiten: entweder man wählt die Neigung so grofs, dafs auch unter ungünstigen Verhältnissen ein sicheres Ingangsetzen der Züge eintritt und bremst die nach dem Ingangsetzen überschüssige Abtriebkraft laufend ab, oder man wählt die Neigung so, dafs nur verhältnismäfsig wenig Abtriebkraft laufend abgebremst werden mufs und für das Ingangsetzen eine Zusatzkraft verwendet wird. Ob man dafür, wie Wöhrl vorschlägt, Lokomotiven wählt oder ob man nicht besser auf eine ortsfeste Anlage zukommt, wäre zu untersuchen. Auf jeden Fall dürfte es notwendig sein, um die bei jedem Ablauf eintretenden Anfangszeitverluste zu verringern, im Gegensatz zu Chemnitz-Hilbersdorf den letzten Teil der Ablaufgleise in eine stärkere Neigung als 1:100 zu legen — wenigstens, wenn es ohne wesentliche Mehrkosten durchführbar ist. Hierdurch ist eine schnellere Überwindung der Anfangswiderstände gewährleistet.

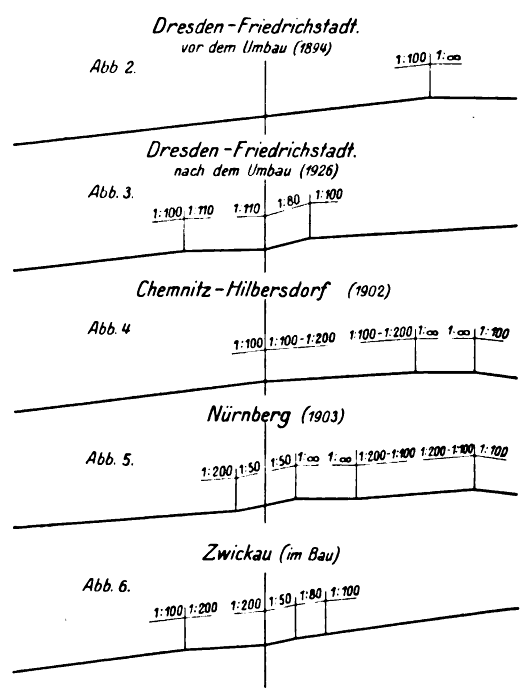


Abb. 2 bis 6. Längenprofile der Ablaufgleise von Gefällsbahnhöfen.

Zu 2. Die Regelung der Zuführungsgeschwindigkeit erfolgt auf Flachbahnhöfen durch die Druckmaschine, die ihre Aufträge durch das Ablaufsignal (Signal X des Signalbuches) erhält. In neuerer Zeit ist man auf einigen Bahnhöfen dazu übergegangen, die Befehle vom Ablaufmeister an den Führer der Druckmaschine durch Fernsprecher oder Funkanlage zu übertragen. Diese Verbesserung erscheint dort zweckmäfsig, wo beabsichtigt wird, die Zuführungsgeschwindigkeit je nach der Stärke der ablaufenden Gruppen zu wechseln. Ein merkbarer Gewinn an Ablaufzeit wird jedoch nur auf solchen Bahnhöfen eintreten, wo die durchschnittliche Gruppenstärke starken Schwankungen unterworfen ist. Auf Bahnhöfen mit geringer durchschnittlicher Gruppenstärke wird der in Hamm beschrittene Weg, die durchschnittliche Zuführungsgeschwindigkeit durch Anwendung geeigneter Deutageschwindigkeitsmesser auf einer unveränderlichen Höhe zu halten, geeigneter sein.

Auf Gefällsbahnhöfen wird die Abtriebkraft durch die auf dem Ablaufzug verteilt sitzenden Bremser geregelt. Für die Zahl der Bremser gibt es auf den verschiedenen Bahnhöfen Erfahrungswerte, die von der Neigung der Ablaufgleise, dem durchschnittlichen Gewicht der Ablaufzüge und einer ganzen Reihe von sonstigen Einflüssen, so z. B. der durchschnittlichen Windrichtung, der Gleislage und dergl. mehr abhängen. Für Neigungen von 1:100 und Zuggewichte zwischen 800 und 1000 t sind mindestens drei Bremser erforderlich, um den Zug sicher in der Gewalt zu behalten. Es ist ohne weiteres klar, dafs eine derartige Regelung der Zuführungsgeschwindigkeit an mehreren Punkten des Zuges grofse Nachteile mit sich bringt. Da der in Neigung abrollende Zug ohne entsprechende Abbremsung in gleichmäfsig beschleunigter Bewegung ablaufen würde, müssen die Bremsen dauernd etwas angezogen bleiben. Die Bremskraft ist nun je nach der Gewichtsverminderung, die der ablaufende Zug durch den freien Ablauf von Gruppen am Abrollpunkte erleidet, dauernd zu vermindern. Diese ständige Regelung der Bremskraft ist bei mehreren Bremsern gleichmäfsig schlechterdings nicht möglich. Sie kann annähernd nur dann erreicht werden, wenn die Abbremsung an einem einzigen Punkte vorgenommen wird, wie dies in Nürnberg bei dem schwachen Gefälle durch Besetzung des Zuges mit nur einem Bremser erreicht ist. (Hierbei ist es gleichgültig, dafs der Ablaufzug bis zur Weichenstrafse von dem sogenannten Hereinlasser und von da an durch den Schlufsbremser geführt wird.) Allerdings ist dieser Vorteil in Nürnberg durch die unter zu 1. beschriebenen Nachteile eines sehr schwachen Gefälles erkauft. Will man die Vorteile eines genügend grofsen Gefälles mit den Vorteilen einer einheitlichen Regelung der Zuführungsgeschwindigkeit verbinden, so dürfte die als Versuchsausführung auf einem Gefällsbahnhofe geplante Aufhängung des Ablaufzuges an einem vom Rangiermeister am Ablaufpunkte ferngesteuerten Seil zum Nachlassen eine geeignete Lösung sein. Wenn darüber hinaus noch eine Zerlegung der Ablaufzüge vor Beginn des Ablaufs — wie auf einzelnen Flachbahnhöfen — erreicht werden soll, so müfsten grofse Zulaufbremsen am Ende der einzelnen Ablaufgleise eingebaut werden. Die bisherigen Untersuchungen nach dieser Richtung hin ergaben neben grofsen technischen Schwierigkeiten so erhebliche Anlage- und Betriebskosten, dafs die Wirtschaftlichkeit fraglich erscheint.

Zu 3. Das Zerlegen der Ablaufzüge in einzelne Gruppen geschieht vor dem Ablaufpunkte durch den sogenannten Loshänger, der mit einer Gabel oder einer Stange die vorher »langgehängte Kuppelung« herauswirft. Je feiner ein Zug zerlegt werden mufs, um so gröfser wird die Arbeit für den Loshänger. Dies führt bei sehr weitgehender Zerlegung so weit, dafs das Loshängen für die Zuführungsgeschwindigkeit überhaupt bestimmend ist. Durch die in letzter Zeit eingeführte Verstärkung der Kuppelung wird die Zerlegearbeit erschwert. In vielen Fällen ist bei zu geringer Weite des Zughakens ein Herauswerfen der Kupplung mit der Gabel oder Stange überhaupt nicht möglich. In solchen Fällen mufs der Zug ganz zum Halten gebracht und von Hand entkuppelt werden.

Auf einigen Flachbahnhöfen haben diese Schwierigkeiten dazu geführt, die Züge bereits vor Beginn des Ablaufes durch die sogenannten Lockerhänger in die einzelnen Gruppen zu zerlegen, eine Mafsnahme, ohne die in Hamm eine durchschnittliche Zuführungsgeschwindigkeit von 1,5 m wohl niemals zu erreichen gewesen wäre. Die vorzeitige Zerlegung eines Ablaufzuges in Einzelgruppen ist nur auf Flachbahnhöfen möglich, wo die Gleise nach dem Abrollpunkte zu ansteigen. Sie ist auch hier vom Sicherheitsstandpunkte aus nicht unbedenklich. Der Zug befindet sich nicht mehr in der Hand des Lokomotivführers. Beim Überfahren der Haltstellung des Ablaufsignals

oder beim Versagen der Fernsprech- oder Funkanlage kommen bis zum Stillstand der Lokomotive immer noch weitere Gruppen zum Ablauf, was bei Unfällen unter Umständen sehr nachteilig sein kann. Aufserdem ist ein Zurückziehen des Zuges nicht mehr möglich. Immerhin dürften jedoch diese Nachteile im Vergleich zu den grofsen Vorteilen, die der Wegfall der Zerlegungsarbeit während des Ablaufes eines Zuges mit sich bringt, in Kauf zu nehmen sein.

Auf Gefällsbahnhöfen mit durchgehender Neigung der Ablaufgleise ist eine vorherige Zerlegung des Zuges in einzelne Gruppen nicht möglich. Hier mufs an dem oben beschriebenen Verfahren des Loshängens der Kuppelung am Abrollpunkte festgehalten werden.

Es ist nach den obigen Darlegungen wohl ohne weiteres klar, dafs das Zerlegen des Ablaufzuges nur bis zu einer gewissen Geschwindigkeit noch sicher möglich ist, wie auch nachstehende rechnerische Begründung ergibt. Beobachtungen ergaben, dafs man für einen Trennungsvorgang (Abnehmen der Gabel von der Schulter, Auflegen auf den Puffer, Einstecken in die Kuppelung, Warten auf Stauchung, Herauswerfen der Kuppelung und Wiederaufschultern der Gabel) mit einer Zeitspanne von $z_o = 6$ Sek. rechnen mufs. Je nach der Gröfse der Zuführungsgeschwindigkeit hat sich in dieser Zeit der Zug eine gewisse Strecke bewegt, die der Losgabler wieder zurückgehen mufs. Dieses Zurückgehen erfolgt mit einer Geschwindigkeit von $v_o = 0{,}8$ bis $1{,}0$ m/Sek., so dafs man bei einer durchschnittlichen Wagenlänge $l = 9{,}50$ m die zulässige Zuführungsgeschwindigkeit v_x aus folgender Gleichung ermitteln kann:

$$\frac{l}{v_x} = z_o + \frac{z_o\, v_x}{v_o}.$$

Hieraus folgt:

$$v_x = -\frac{v_o}{2} + \sqrt{\frac{4\, l\, v_o + v_o^2\, z_o}{4\, z_o}}.$$

Für $l = 9{,}50$ m, $z_o = 6$ Sek., $v_o = 1$ m/Sek. ergibt sich eine mögliche Zuführungsgeschwindigkeit v_x von 0,85 m/Sek. Viel ungünstiger werden die Verhältnisse bei kürzeren Wagen, einer längeren Zerlegungszeit und einer kleineren Geschwindigkeit für das Zurückgehen. Nimmt man $l = 6{,}50$ m $z_o = 8$ Sek. und $v_o = 0{,}8$ m/Sek., so darf die mögliche Zuführungsgeschwindigkeit nur 0,50 m/Sek. betragen. Hieraus geht deutlich hervor, in wie entscheidender Weise die Zuführungsgeschwindigkeit durch die Loshängearbeit beeinflufst wird. Bei kurzen Wagen und einer Zuführungsgeschwindigkeit von z. B. 1 m/Sek. ist der Loshänger nicht mehr in der Lage, bis zu seinem Standorte bei der vorhergehenden Trennung zurückzukommen. Der Standort des Loshängers wird sich bei Bahnhöfen mit festem Ablaufpunkt immer weiter nach dem Abrollpunkte zu verschieben, so dafs schliefslich die Zuführungsgeschwindigkeit stark vermindert oder der Zug ganz zum Halten gebracht werden mufs, um dem Losgabler Zeit zu geben, wieder eine entsprechende Strecke zurückzulaufen. Auf Anlagen mit beweglichem Ablaufpunkte verschiebt sich der Abrollpunkt immer mehr talwärts, so dafs er schliefslich unmittelbar vor den ersten Verteilungsweichen liegt und der Ablauf unterbrochen werden mufs.

Wenn diese Wechselbeziehungen zwischen der eigentlichen Zerlegungsarbeit und der Zuführungsgeschwindigkeit bisher in der vorstehend beschriebenen Deutlichkeit noch nicht in Erscheinung getreten sind, so ist dies eben darauf zurückzuführen, dafs auf den Verschiebebahnhöfen einmal die durchschnittliche Zuführungsgeschwindigkeit dem mittleren Arbeitstempo des Losgablers angepafst ist und zum anderen, dafs in vielen Zügen gröfsere Gruppen vorkommen, die es dem Loshänger möglich machen, eine bestimmte Strecke bergwärts zurückzugehen.

Der grofse Einflufs, den eine weitgehende Zerlegung der Züge auf die Gesamtleistung einer Ablaufanlage hat, soll noch an einem der Praxis entnommenen Beispiele kurz dargelegt werden:

Auf der in Textabb. 7 schematisch skizzierten Ablaufanlage wurden ursprünglich die Züge in den Ablaufgleisen nur nach den vier Hauptgruppen I, II, III und IV getrennt.

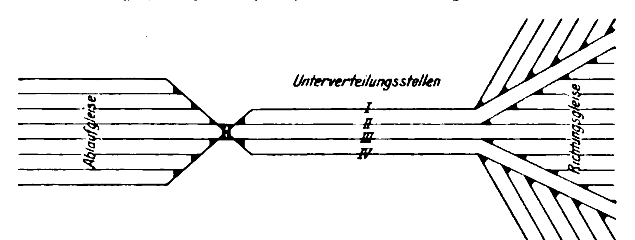


Abb. 7. Ablaufanlage mit Unterverteilungsstellen.

Die Zerlegungsarbeit war gering und die Zuführungsgeschwindigkeit verhältnismäfsig grofs, zumal auch trotz der geringen Neigung der Ablauframpe Schlechtläufer kaum in Erscheinung traten, weil sich die Laufunterschiede bei den in einer Gruppe laufenden Wagen gut ausgleichen. In den sogenannten Unterverteilungsstellen I, II, III und IV wurden die ankommenden Gruppen wieder angehalten und nach den einzelnen Richtungsgleisen »fein« zerlegt. Das Bestreben, den Ablaufbetrieb wirtschaftlicher zu gestalten, führte zur Auflösung der Unterverteilungsstellen und damit zum Aufgeben des sogenannten Gruppenablaufs und zur sofortigen Feinzerlegung auf dem Ablaufberge. Hierdurch wurde zwar eine gröfsere Wirtschaftlichkeit erzielt, da die in den Unterverteilungsstellen tätigen Mannschaften eingezogen werden konnten, aber die gesamte Leistungsfähigkeit der Ablaufanlage sank auf dem einen Bahnhof um etwa 10% und auf dem anderen Bahnhof sogar um etwa 20%, weil das Mehr an Zerlegungsarbeit von 50 bis 60% von dem Loshänger bei der ursprünglichen Zuführungsgeschwindigkeit nicht mehr bewältigt werden konnte, und weil nunmehr die Laufunterschiede der einzelnen Wagen, namentlich bei Gegenwind, stärker in Erscheinung traten. Auch aus diesem Beispiele geht deutlich hervor, dafs bei weitgehender Zerlegung die Arbeit des Loshängers von mafsgebendem Einflusse auf die Zuführungsgeschwindigkeit und damit auf die Leistungsfähigkeit einer Ablaufanlage ist.

Zu 4. Die Untersuchung der Vorflut nimmt bei der bisherigen wissenschaftlichen Behandlung der Ablaufanlagen den breitesten Raum ein.

Die Vorflut soll drei Forderungen erfüllen:

a) Sie soll mindestens so grofs sein (und braucht nur so grofs zu sein!), dafs die durch die Zuführungsgeschwindigkeit erreichbare Leistung des Ablaufberges mit Sicherheit abfliefsen kann.

b) Sie soll ermöglichen, den Raumabstand zwischen zwei sich folgenden Wagengruppen im Bereiche der Verteilungsweichen so zu vergröfsern, dafs die Verteilungsweichen unter Wahrung der notwendigen Sicherungen noch umgestellt werden können.

c) Sie soll die Laufunterschiede zwischen sich folgenden Wagengruppen nicht fühlbar in Erscheinung treten lassen.

Die Forderung zu a) läfst erkennen, dafs auch für die Vorflut die Zuführungsgeschwindigkeit die bestimmende Gröfse ist. Zunächst mufs bei einer Ablaufanlage geklärt sein, mit welcher Zuführungsgeschwindigheit auf Grund der Überlegungen zu 1., 2. und 3. gearbeitet werden kann und soll, und erst dann sollte die Frage der Vorflut behandelt werden. Bei einem derartigen Vorgehen wird man davor bewahrt bleiben, die Forderungen an die Neigung der Ablauframpe, die Umstellzeit der Verteilungsweichen, die notwendige Verzögerung in

den Gleisbremsen und u. U. auch die Besetzung der einzelnen Posten zu hochzuschrauben.

Die Forderung zu b) wird durch Einschaltung eines Steilgefälles mit anschliefsenden Gleisbremsen erreicht. Es ist ohne weiteres klar, dafs diese Bedingung bei einer geringeren Zuführungsgeschwindigkeit und dem dadurch an sich grofsen Raumabstand der einzelnen Wagen leichter erfüllt werden kann, als wenn mit einer grofsen Zuführungsgeschwindigkeit gerechnet werden mufs.

Die Forderung zu c) kann ebenfalls durch das unter b) behandelte Steilgefälle mit anschliefsender Gleisbremse oder durch einen sogenannten Beschleunigungsantrieb erfüllt werden.

Auf die weitere Behandlung der mit der Vorflut zusammenhängenden Fragen soll an dieser Stelle unter Hinweis auf die grundlegenden Arbeiten von Ammann, Dr. Frölich, Prof. W. Müller, Wagner, Wenzel u. a. nicht näher eingegangen werden. Es ist nur davor zu warnen, die Vorflut allein für die Leistungsfähigkeit einer Ablaufanlage als mafsgebend anzusehen. (Vergl. hierzu die weiteren Ausführungen in Abschnitt II bis IV.)

Das Ergebnis dieses Abschnittes kann wie folgt zusammengefafst werden:

1. Die Leistungsfähigkeit einer Ablaufanlage wird durch die Zuführungsgeschwindigkeit bestimmt.
2. Die Ablaufdauer eines Zuges sinkt mit wachsender Zuführungsgeschwindigkeit; Veränderungen in der Zuführungsgeschwindigkeit wirken sich jedoch um so weniger aus, je gröfser die Zuführungsgeschwindigkeit wird.
3. Die Gröfse der Zuführungsgeschwindigkeit ist abhängig:
   a) von der Stärke der Druck- bzw. Abtriebkraft,
   b) von der Regelung der Druck- bzw. Abtriebskraft,
   c) von der Zerlegungsarbeit,
   d) von der Vorflut.
4. Der Einflufs der Stärke und der Regelung der Druckkraft auf die Zuführungsgeschwindigkeit ist auf Gefällsbahnhöfen gröfser als auf Flachbahnhöfen, da auf diesen in der Drucklokomotive eine Kraftquelle zur Verfügung steht, die sich den wechselnden Anforderungen leicht anpassen läfst.
5. Das Zerlegen eines Zuges beeinflufst die Zuführungsgeschwindigkeit entscheidend, wenn die durchschnittliche Gruppenstärke des Zuges gering ist.
6. Die Neigung der Ablauframpe ist so zu wählen, dafs die bei einer als notwendig und erreichbar erkannten Zuführungsgeschwindigkeit möglichen Leistungen glatt abfliefsen können.

II. Der Einflufs der Zwischenzeiten auf die Leistungsfähigkeit einer Ablaufanlage.

Zwischen je zwei ablaufenden Zügen liegt eine gewisse Zeitspanne, die »Zwischenzeit«. Hierbei ist unter Zwischenzeit nur die betrieblich mindestens notwendige Zeit zwischen dem Ablaufe des letzten Wagens eines Zuges und dem des ersten Wagens des folgenden Zuges, nicht aber die Unterbrechung des Ablaufs z. B. durch einfahrende Züge, wegfahrende Zugmaschinen, Beidrücken in den Richtungsgleisen, Essenspausen, mangelnder Zulauf oder dergl. mehr zu verstehen.

Die Zwischenzeit ist wesentlich von der Grundrifsgestaltung und von der betrieblichen Organisation abhängig. Für die folgenden Überlegungen soll angenommen werden, dafs die betriebliche Leitung und Überwachung einwandfrei ist, so dafs die Zwischenzeiten nur das unbedingt notwendige Mafs haben.

In bezug auf die Grundrifsgestaltung mufs man zwei Fälle unterscheiden:

a) Der Abrollpunkt liegt innerhalb der Ablaufgleise (Textabb. 8),
b) der Abrollpunkt liegt in einem Verbindungsgleis zwischen Ablauf- und Richtungsgleisgruppe (Textabb. 9).

Theoretisch läfst sich ohne Berücksichtigung der Wirtschaftlichkeit für beide Fälle eine Betriebsführung konstruieren, die einen ununterbrochenen Ablauf gestattet. In der Praxis und unter Berücksichtigung der Wirtschaftlichkeit sind Zwischenzeiten jedoch nicht vermeidbar.

Auf Flachbahnhöfen mit Eselsrücken ist die Grundrifslösung a) heute aufgegeben. Die zunehmende steilere Gestaltung der Ablauframpe würde immer mehr dazu führen, die Verteilungsweichen in die Steilrampe und in die Ausrundungsbogen zu legen, was vom Standpunkte der Sicherheit und Unterhaltung Nachteile bringt, die eine Bevorzugung der Lösung b) gerechtfertigt erscheinen lassen. Nur Derikartz hat in neuerer Zeit in Verbindung mit seinem ortsfesten Antrieb die Lösung a) wieder aufgegriffen*).

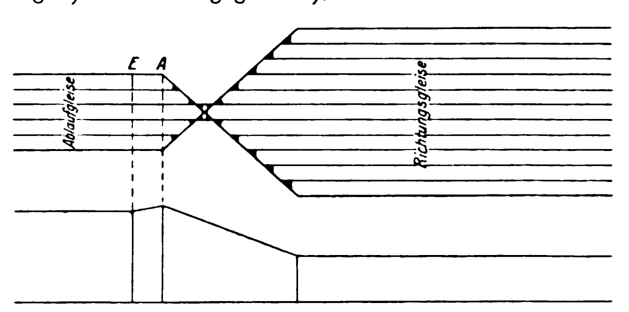


Abb. 8. Grundrifs und Längsprofil einer Ablaufanlage mit dem Abrollpunkt innerhalb der Ablaufgleise.

Bei Grundrifslösung a) (Textabb. 8) wird der Zug mit seinem ersten Wagen E in seiner bestimmten Entfernung vom Ablaufpunkte A entfernt stehen, für die man etwa 80 m annehmen kann. Man kann damit rechnen, dafs nach dem Abrollen des letzten Wagens zur Umstellung der Weichen, zur Abgabe des Signals für den Beginn des Abdrückens des nächsten Zuges und zur Aufnahme und Ausführung des dadurch gegebenen Auftrages durch den Drucklokomotivführer etwa 1,5 Min. vergehen. Als Fahrzeit für die Strecke E bis A mufs man bei einer durchschnittlichen Geschwindigkeit von 0,6 m/Sek. mindestens 2 Min. rechnen, so dafs die Zwischenzeit bei Verwendung von mindestens zwei Druckmaschinen etwa 3 bis 4 Min. betragen wird. Ist nur eine Druckmaschine vorhanden, so erhöht sich die Zwischenzeit um die Fahrzeit der Maschine vom Abrollpunkte bis zum Ansetzen an den nächsten Zug, wofür je nach der Anlage 4 bis 8 Min. in Ansatz zu bringen sind.

Die gleichen Überlegungen gelten für die Grundrifslösung b) (Textabb. 9). Hier wären beim Vorhandensein von zwei Druckmaschinen die gleichen Zwischenzeiten von 3 bis 4 Min. anzunehmen, wenn während des Abdrückens eines Zuges der nächste Zug schon bis zum Punkte E' vorgefahren werden könnte. Diese — vielfach gemachte — Annahme trifft in der Praxis täglich nur in wenigen Fällen zu, weil die betrieblichen Verhältnisse selten so günstig liegen, dafs in jeder Hälfte der Einfahrgruppe ständig mindestens ein Zug abdrückbereit steht. Man mufs also im Durchschnitt damit rechnen, dafs die Züge vom Punkte E aus bis zum Abrollpunkte A herangeführt werden

*) Verkehrstechn. Woche 1926, Heft 37, S. 484 „Eselsrücken oder Auffahrrampe?“ („Beitrag zur Frage der Mechanisierung und Rationalisierung der Umbildungsarbeit“) von Reg.-Baurat Dr. Ing. Derikartz, Koblenz.

müssen. In solchen Fällen mufs bei Verwendung von mindestens zwei Druckmaschinen mit einer Zwischenzeit von 4 bis 7 Min. und bei Verwendung von nur einer Druckmaschine je nach der Anlage und dem Fahrplan mit 8 bis 15 Min. gerechnet werden.

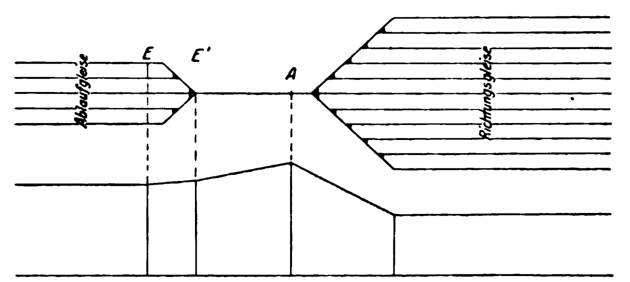


Abb. 9. Grundrifs und Längsprofil einer Ablaufanlage mit dem Abrollpunkt in einem Verbindungsgleis zwischen Ablauf- und Richtungsgleisgruppe.

Auf Gefällsbahnhöfen ist die Zwischenzeit zwischen zwei Abläufen wesentlich geringer als auf Flachbahnhöfen, da die Druckmaschinen fehlen.

Bei den sächsischen Gefällsbahnhöfen ist die Grundrifslösung a) (Textabb. 8) vorherrschend. Durch eingehende Zeitstudien wurde die Zwischenzeit hier im Durchschnitt zu 0,7 bis 1,0 Min. festgestellt.

Auf dem nach Lösung b) (Textabb. 9) gebauten Gefällsbahnhofe Nürnberg soll — theoretisch — ein Zeitverlust für Zwischenzeit überhaupt nicht eintreten, weil die Betriebsführung so gedacht ist, dafs die sich folgenden Ablaufzüge aneinander gefädelt werden und somit der Ablauf im ununterbrochenen Flusse stattfinden kann. Örtliche Beobachtungen lassen jedoch erkennen, dafs das Anfädeln nur in wenigen Fällen ohne Zeitverlust möglich ist. Die Geschwindigkeit des nachfolgenden Zuges mufs beim Nachlassen zum Anfädeln gröfser sein als die des ablaufenden Zuges, um den Abstand, der im ungünstigsten Falle = E bis E', zu überwinden. Da nun ein Aufstofsen an die letzten Wagen des vorhergehenden Zuges unbedingt zu vermeiden ist, mufs diese gröfsere Zuführungsgeschwindigkeit im Augenblick des Anfädelns bis auf die des vorhergehenden Zuges herabgemindert sein. Es ist ohne weiteres klar, dafs ein derartig genaues Arbeiten im laufenden Betriebe ausgeschlossen ist. Selbst wenn eine sichtbare Unterbrechung des Ablaufs nicht zu bemerken ist, tritt eine Zwischenzeit in verschleierter Form dadurch ein, dafs die letzten Wagen des ersten Zuges und die ersten Wagen des folgenden Zuges langsamer ablaufen. Man wird auch bei diesem Bahnhof mit einer durchschnittlichen Zwischenzeit von 1 Min. rechnen müssen.

Vorstehende Überlegungen lassen erkennen, dafs Zwischenzeiten auf Verschiebebahnhöfen praktisch unvermeidbar sind. Die Grenzen liegen je nach dem System und nach der vorhandenen Grundrifslösung sowie der Zahl der eingesetzten Druckmaschinen zwischen 0,7 und 15 Min. Untersucht man nun den Einflufs dieser Zwischenzeiten t_o auf die Leistung einer Ablaufanlage im Zeitabschnitte T, so ergibt sich die Zahl der mit einer durchschnittlichen Ablaufdauer t abgelaufenen Züge L zu

$$L = \frac{T}{t + t_o}.$$

Unter Berücksichtigung des auf Seite 4 errechneten Wertes

$$t = \frac{n\,l}{v},$$

wobei n = Zahl der Wagen,
l = im Durchschnitt auf einen Wagen entfallende Länge in m
und v = Zuführungsgeschwindigkeit in m/Sek.
war, ergibt sich

$$L = \frac{T}{\frac{n\,l}{v} + t_o} = \frac{T\,v}{n\,l + t_o\,v}.$$

Hieraus folgt, dafs mit zunehmender Zuführungsgeschwindigkeit die Leistung einer Ablaufanlage nur bei $t_o = 0$, also ohne Zwischenzeiten gradlinig anwächst. Sind Zwischenzeiten t_o vorhanden, so wirken sich diese bei zunehmender Zuführungsgeschwindigkeit immer ungünstiger auf die Gesamtleistung aus.

In Zusammenstellung 3 sind die stündlichen Leistungen einer Ablaufanlage in Zügen bei Annahme von 60 Wagen

Zusammenstellung 3. Leistungsfähigkeit (in Zügen) einer Ablaufanlage in 1 Stunde. Zusammenstellung der Leistungswerte. Zugstärke = 60 Wagen. (Durchschnittliche Wagenlänge = 9,50 m, Länge des Zuges = 570 m.)

1 Lfde. Nr.	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	Zuführungsgeschwindigkeit in m/Sek.	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0.9	1,0	1.1	1,2	1,3	1,4	1.5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0
2	Ablaufdauer in Sekunden	1900,0	1425,0	1140,0	950,0	814 3	712,5	633.3	570,0	518,2	475,0	438,5	407,1	380,0	356,3	335,3	316,7	300,0	285,0
3	Ablaufdauer in Minuten	31,67	23,75	19,00	15,83	13,57	11,88	10,56	9 50	8,64	7,92	7,31	6,79	6,33	5,94	5,59	5,28	5,00	4,75
—	Zwischenzeiten in Minuten																		
4	0	1,89	2,53	3,16	3,79	4,42	5,05	5,68	6,32	6,94	7.58	8,21	8,84	9,48	10,10	10,73	11,36	12,00	12,63
5	1	1,84	2,42	3,00	3,57	4,12	4.66	5,19	5,71	6,22	6.73	7,22	7,70	8,19	8,65	9,10	9,55	10,00	10,43
6	2	1,78	2,33	2,86	3.37	3,85	4.32	4,78	5,22	5,64	6,05	6,44	6,83	7,20	7,56	7.91	8,24	8,57	8,89
7	3	1,73	2,24	2 73	3,19	3.62	4,03	4,42	4,80	5,15	5,49	5,82	6,13	6,43	6,71	6,98	7,25	7,50	7,74
8	4	1,68	2,16	2.61	3.03	3,41	3,78	4,12	4,44	4,75	5,03	5,31	5,56	5,81	6,04	6,26	6,47	6,67	6,86
9	5	1.64	2,09	2,50	2,88	3,23	3,55	3,86	4.14	4,40	4,64	4,87	5,09	5,30	5,48	5,67	5,84	6,00	6,15
10	6	1,59	2,02	2,40	2,75	3,07	3,36	3,62	3,87	4,10	4,31	4,51	4,69	4,87	5,03	5,18	5,32	5,45	5,58
11	7	1,55	1,95	2,31	2,63	2,92	3,18	3,42	3,64	3.84	4,02	4,19	4,35	4,50	4,64	4,77	4,89	5,00	5,11
12	8	1,51	1.89	2.22	2.52	2,78	3,02	3,23	3,43	3,61	3,77	3,92	4,06	4.19	4,30	4,42	4,52	4,62	4,71
13	9	1,48	1,83	2,14	2.42	2,66	2,87	3,07	3,24	3,40	3,55	3,68	3,80	3,91	4,02	4,11	4,20	4,29	4,36
14	10	1,44	1,78	2.07	2,32	2,55	2.74	2,92	3,08	3,22	3,35	3,47	3,57	3,67	3.76	3,85	3,93	4,00	4,07
15	11	1,41	1,73	2,00	2,24	2,44	2,62	2,78	2,93	3,05	3,17	3,28	3,37	3,46	3,54	3,62	3,69	3,75	3,81
16	12	1,37	1,68	1,94	2,16	2.35	2,51	2,66	2,79	2.91	3,01	3,11	3,19	3,27	3,34	3,41	3,47	3,53	3,58
17	13	1,34	1.63	1,88	2,08	2,26	2,41	2,55	2,67	2,77	2,87	2,95	3,03	3.10	3,17	3,23	3,28	3,33	3,38
18	14	1,31	1,59	1,82	2,01	2,18	2.32	2,44	2,55	2,65	2,74	2,82	2,89	2,95	3,01	3,06	3,11	3,16	3,20
19	15	1,29	1,55	1,76	1,95	2,10	2,23	2,35	2,45	2,54	2,62	2,69	2,75	2,81	2,87	2,91	2,96	3,00	3,04

starken Zügen mit 9,50 m durchschnittlicher Wagenlänge bei Zwischenzeiten von 0 bis 15 Min. und einer von 0,3 bis 2,0 m/Sek. steigenden Zuführungsgeschwindigkeit errechnet.

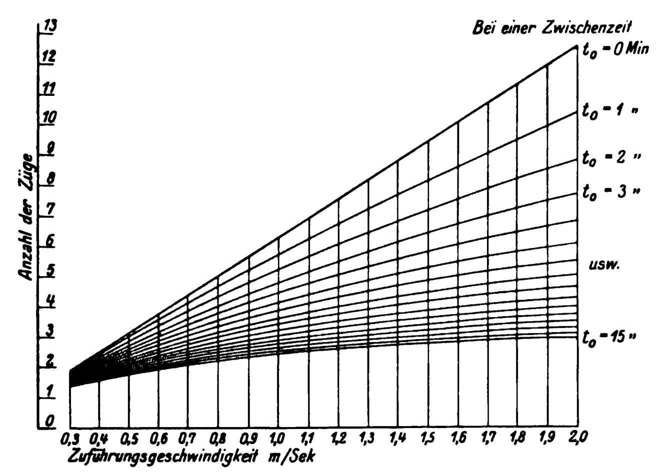


Abb. 10. Stündliche Leistungen einer Ablaufanlage in Zügen bei Annahme von 60 Wagen starken Zügen mit 9,50 m durchschnittlicher Wagenlänge bei Zwischenzeiten von 0 bis 15 Min. und Zuführungsgeschwindigkeit von 0,3 bis 2,0 m/Sek.

Die Werte der Zusammenstellung 3 sind in Textabb. 10 zeichnerisch aufgetragen. Aus dieser geht mit überzeugender Deutlichkeit hervor, welche entscheidende Rolle die Zwischenzeit spielt. Die gleichen Leistungen z. B. von fünf Zügen in 1 Std. können bei einer Zwischenzeit von nur 1 Min. schon mit einer Zuführungsgeschwindigkeit von 0,86 m/Sek. erreicht werden, während bei einer Zwischenzeit von 5 Min. bereits eine Zuführungsgeschwindigkeit von 1,36 m/Sek. erforderlich ist, und bei gröfseren Zwischenzeiten die erstrebte Leistung mit einer innerhalb der praktisch vorkommenden Grenzen liegenden Zuführungsgeschwindigkeit überhaupt nicht mehr erreichbar ist.

Zusammenstellung 3 läfst ferner erkennen, dafs der Einflufs der Zunahme der Zwischenzeit um 1 Min. auf die Leistungsfähigkeit um so geringer wird, je gröfser die Zwischenzeit an sich ist. Vergl. auch Textabb. 11.

Man erkennt, dafs eine Änderung der Zwischenzeit um so gröfsere Bedeutung hat, je kleiner die Zwischenzeit an sich ist. Während ein Anwachsen der Zwischenzeit von 1 auf 2 Min. eine Leistungsminderung von 49 v. H. eines Zuges = 30 Wagen bringt, hat ein Anwachsen der Zwischenzeit von 14 auf 15 Min. nur eine Abnahme der stündlichen Leistungsfähigkeit von 10 v. H. eines Zuges = 6 Wagen zur Folge.

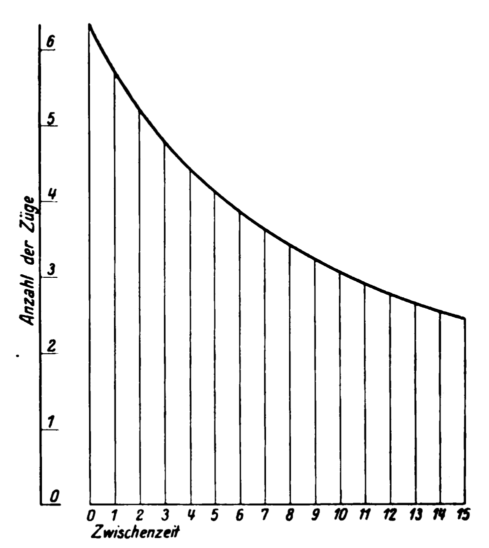


Abb. 11. Leistungsverminderung bei Zunahme der Zwischenzeit um je 1 Min. (Zuführungsgeschwindigkeit = 1,0 m/Sek., Zugstärke = 60 Wagen.)

Zusammenfassend kann gesagt werden, dafs der Einflufs der Zwischenzeit auf die Leistungsfähigkeit einer Ablaufanlage aufserordentlich grofs ist. Die Zwischenzeit wirkt sich um so ungünstiger aus, je mehr die Zuführungsgeschwindigkeit anwächst. Veränderungen in der Zwischenzeit sind von um so gröfserer Bedeutung, je kleiner die Zwischenzeit an sich ist. (Schlufs folgt.)

Der Bahnhof Markham der Illinois Central-Eisenbahn.

Von Geh. Regierungsrat **Wernekke**, Berlin-Zehlendorf.

Etwa 37 km südlich von Chicago hat die Illinois Central-Eisenbahn zwischen Harvey und Homewood bei Hazelcrest einen grofsen Verschiebebahnhof errichtet, der den gesamten Güterverkehr dieser Eisenbahn über Chicago aufnehmen und so die Anlagen im Innern der Stadt entlasten soll. Zu Ehren ihres Präsidenten hat sie ihn Markham genannt. Geplant war dieser Bahnhof zwar bereits im Jahre 1907, es dauerte aber noch bis 1917, ehe die Genehmigung zu seinem Bau erlangt wurde, und im März 1926 wurde seine Gleisgruppe für die nach Norden fahrenden Züge in Betrieb genommen. Schon aus diesen Zeitangaben ist ersichtlich, dafs dem Bau sorgfältige Vorarbeiten vorausgegangen sind; er verkörpert die neuesten Anschauungen, die auf dem Gebiete des Baus und Betriebs von Verschiebebahnhöfen unter mafsgebenden Fachleuten der Vereinigten Staaten heute herrschen, und es lohnt daher, sich mit seinen Anlagen des näheren zu beschäftigen.

Ehe man sich entschlofs, Gelände für einen neuen Verschiebebahnhof zu erwerben, war eingehend erörtert worden, ob man nicht bestehende Anlagen umbauen solle; man kam dabei aber zur Ablehnung derartiger Pläne. Es wurde deshalb an der schon bezeichneten Stelle eine Fläche von 263 ha erworben, um auf ihr den neuen Bahnhof zu errichten. Die Baustelle wurde deshalb gewählt, weil sie noch südlich von den Stellen liegt, an denen die Illinois Central-Eisenbahn von Süden kommende Güterwagen an andere, in Chicago einmündende Eisenbahnen abgibt, also verlorene Bewegungen der Übergangswagen durch ihre Aussonderung in Markham ausgeschaltet wurden. Aufserdem liegt der neue Bahnhof so, dafs nach der allgemeinen Einführung elektrischer Zugförderung im Vorortverkehr von Chicago, die im Gange ist, die Fernzüge in Markham ihre Dampflokomotive gegen eine elektrische umtauschen und so rauchfrei in Chicago einfahren können.

Der ganze Bahnhof (Abb. 1) liegt im Auftrag mit Ausnahme eines kurzen Einschnitts am Südende. Der Höhenunterschied des sanft ansteigenden Geländes zwischen seinen beiden Enden beträgt etwa 15 m. Zur Herstellung der Bahnhofsfläche in richtiger Höhe waren etwa vier Millionen Kubikmeter Massen zu schütten, von denen etwa eine Million aus einer Seitenentnahme in der Nähe herrührt. Der gröfste Teil der Schüttung besteht aus Sand, der in den Dünen von Indiana gewonnen wurde. Auch Abraummassen, Bauschutt u. dergl. aus Chicago und Umgegend wurden beim Bau des Bahnhofs Markham mit untergebracht. Die gröfste Höhe der Schüttung beträgt 8,15 m.

Der Bahnhof Markham besteht aus zwei selbständigen Einheiten: einer Anlage für den Verkehr nach Norden, also nach Chicago zu, und einer Anlage für den Verkehr nach

Süden. In der letztgenannten Richtung herrscht der Verkehr mit leeren Wagen vor; er macht 60 v. H. des Gesamtverkehrs aus; im übrigen wird in dieser Richtung meist Stück- und Eilgut versandt. In der Gegenrichtung bringt der gröſsere Teil des Wageneingangs Kohle; dieser Verkehr macht etwa 55 v. H. der Gesamtmenge aus; die übrigen 45 v. H. sind Bauholz, Getreide und andere Güter. Unter den Gütern, die in Markham in der Richtung nach Chicago umgeschlagen werden, sind auch zahlreiche leicht verderbliche Sendungen, deren Behandlung Eile erfordert; ein weiterer erheblicher Bestandteil dieses Verkehrs ist wie in der Gegenrichtung Eilgut, und dazu kommen noch erhebliche Mengen Öl. Ein in der Richtung nordwärts in Markham einlaufender Zug bringt im allgemeinen eine Ladung von etwa 3500 t.

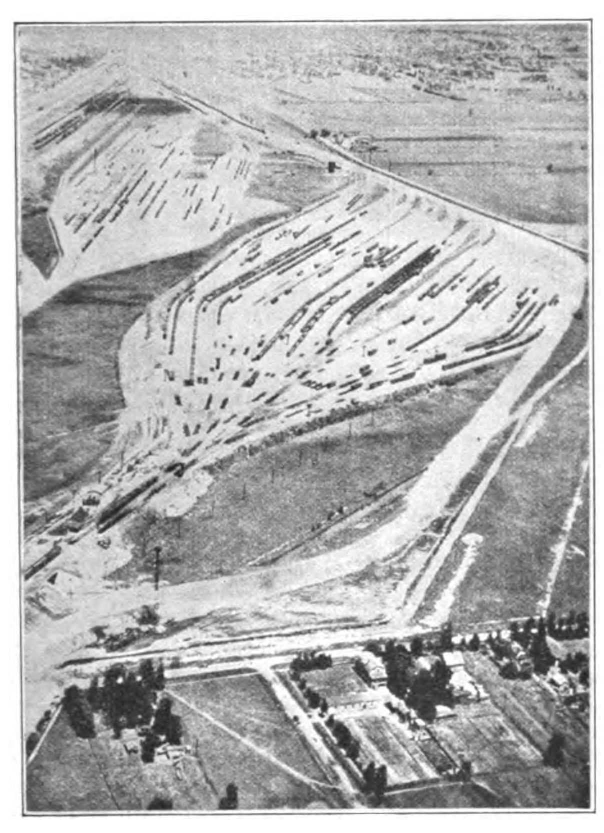


Abb. 1. Bahnhof Markham (Luftbild).

Die beiden Einheiten, die den Bahnhof Markham bilden, bestehen ihrerseits wieder aus je drei Teilen: der Gruppe der Einfahrgleise, den Ordnungsgleisen und der Gruppe der Ausfahrgleise. Die beiden Bahnhofseinheiten liegen in der Querrichtung nebeneinander, mit ihren einzelnen Gruppen etwas gegeneinander verschoben. Zwischen beiden sind eine Anzahl Gleise zum Abstellen beschädigter Wagen und die Anlagen zum Instandsetzen derartiger Wagen angeordnet.

Der für den Verkehr nach Norden bestimmte Bahnhofsteil, der, wie schon erwähnt, am 8. März 1926 in Betrieb genommen worden ist, ist so gebaut, daſs die Wagen ihn ohne Umkehr durchlaufen. Der ankommende Zug wird von seiner Lokomotive in den Einfahrgleisen abgestellt, worauf ihn eine Bahnhofslokomotive über den Eselsrücken drückt. Über eine Wage abrollend, gelangen die Güterwagen in die Ordnungsgleise, von wo sie durch eine Bahnhofslokomotive den Ausfahrgleisen zugeführt werden, um dort nach Erledigung der Abfertigungsarbeiten von der Lokomotive übernommen zu werden, die sie auf der freien Strecke weiterbefördert.

Die Einfahrgruppe dieses Bahnhofsteils besteht aus zwölf Gleisen, von denen die einzelnen Stränge je 90 bis 110, alle zusammen 1040 Wagen aufnehmen können. Die Möglichkeit, die Zahl der Gleise auf 18, die Zahl der hier unterzubringenden Wagen dadurch auf 1660 zu steigern, ist vorgesehen. Neben diesen Gleisen befindet sich eine kleine Anlage von fünf Gleisen für je 40 Wagen, die, von Chicago eingehend, in derselben Richtung wieder ausfahren müssen.

Die Einfahrgleise laufen in der Richtung auf den Eselsrücken in eine zweigleisige Weichenstraſse zusammen. Während auf dem einen dieser Gleise ein Zug auf den Eselsrücken gedrückt wird, kann im anderen die Lokomotive eines unterdessen eingetroffenen Güterzugs nach den Lokomotivanlagen gelangen; sie braucht also nicht zu warten, bis der ablaufende Zug die Weichenstraſse der Einfahrgleise frei gemacht hat. Beide Bewegungen gehen unabhängig voneinander vor sich. Von dieser Einrichtung verspricht man sich besonderen Erfolg für die Wirtschaftlichkeit des Betriebs.

Der Eselsrücken ist verstellbar; er kann um 30 cm gehoben werden. Ungefähr 30 m von seiner Mitte entfernt ist eine die Wagengewichte selbsttätig aufzeichnende Wage von 18,3 m Länge mit einer Leistung bis 150 t eingebaut. Nach der Wage zu fällt das Ablaufgleis auf 10,7 m Länge unter 1:31 (3,25 v. H.), woraus sich eine Höchstgeschwindigkeit von 11,3 km in der Stunde beim Überfahren der Wage ergibt. Zwischen der Wage und dem Ende der Ordnungsgleise liegt eine Strecke von 915 m. Die Gefälle sind so berechnet, daſs ohne den Gebrauch von Gleisbremsen die Wagen mit etwa 19 km Stundengeschwindigkeit am Ende der Ordnungsgleise ankommen würden. Die Wage liegt in einem 25 m langen Gefälle 1:100; dann setzt ein Gefälle von 1:33 auf 29 m Länge ein. Die nächsten 56,4 m fallen unter 1:62,5 (1,6 v. H.); dann ist das Gefälle auf 13,7 m Länge wieder auf 1:100 abgemildert, um hierauf aber wieder in 1:77 (1,3 v. H.) auf 24,3 m Länge überzugehen. Dann folgen weitere Gefällstrecken von 1:100 auf 21,35 m, 1:77 auf 22,9 m, 1:100 auf 222,6 m, 1:166 auf 91,5 m und endlich 1:335 bis ans Ende der Gleise. Im allgemeinen läuft der Zug mit einer Geschwindigkeit von 3,2 km in der Stunde über den Eselsrücken, bei starkem Verkehr kann diese Geschwindigkeit auf 4,8 km gesteigert werden. Der beschränkte Raum machte es nötig, die erste Weiche der Ordnungsgleise näher an den Eselsrücken heranzuschieben, als erwünscht wäre. Etwa 120 m wäre die regelrechte Entfernung; sie muſste aber auf 81,75 m verkürzt werden, um die nötige Länge der Ordnungsgleise zu schaffen. Der Abstand zwischen zwei ablaufenden Wagen wird durch die Geschwindigkeit bestimmt, mit der der Zug über den Eselsrücken gedrückt wird. Bei der Höchstgeschwindigkeit von 4,8 km in der Stunde beträgt der Zeitabstand zwischen den aufeinander folgenden Wagen etwa neun Sekunden; wenn ein beladener Wagen hinter einem leeren abrollt, kann der Abstand auf sieben Sekunden herabgehen, bis die erste Weiche erreicht ist; diese Zeit genügt, um die Weiche umzustellen.

Die Zahl der Ordnungsgleise für den Verkehr nach Norden beträgt 67; neben dieser Gruppe befindet sich noch eine kleine Anlage, bestehend aus 13 kurzen Gleisen, zur Aufnahme von Kohlenwagen, die hier noch besonders geordnet werden müssen, ehe sie den Anschluſsgleisen der gewerblichen Unternehmen zwischen Harvey und Chicago zugeführt werden. Die 67 Gleise der Hauptanlage können einzeln 20 bis 40 Wagen, zusammen 2572 Wagen aufnehmen. Zwei von den Gleisen sind für Getreidewagen vorbehalten, aus denen hier Proben zur Bestimmung der Art des Getreides entnommen werden. Zwei Gleise dienen zur Vornahme kleinerer Instandsetzungen an den Wagen; von diesen aus werden die Wagen, nachdem die Schäden beseitigt sind, auf den Eselsrücken zurückgeholt, um von dort dem richtigen Gleis zuzurollen. Auf einem besonderen Gleis werden Wagen, an denen gröſsere Instandsetzungsarbeiten nötig sind, herausgezogen, um den Ausbesserungsanlagen zu-

geführt zu werden. Die Ordnungsgleise sind in Gruppen zu zehn geteilt; jede Gruppe hat ihre Weichenstrafse an dem dem Eselsrücken zugekehrten Ende; am anderen Ende sind je fünf Gleise durch eine Weichenstrafse zusammengefafst. Dadurch dafs am unteren Ende je fünf und nicht wie am oberen Ende je zehn Gleise in einer Weichenstrafse vereinigt sind, ist erheblich an nutzbarer Gleislänge gewonnen worden. Die Anordnung der Weichenstrafsen hat zwar zur Folge, dafs die Wagen mehr Krümmungen durchlaufen müssen; durch steilere Neigungen ist aber dafür ein Ausgleich geschaffen. Die Weichen haben alle eine Herzstückneigung von 1 : 8; die Krümmungen der Ordnungspläne haben 175 m Halbmesser. Der Gleisabstand beträgt 4,12 m von Mitte zu Mitte Gleis; zwischen den Gruppen ist abwechselnd 5,8 m und 10,4 m Abstand.

Die Ausfahranlage nach Norden fafst auf zwölf Gleisen 800 Wagen. Sie kann bei vollständigem Ausbau auf 20 Gleise zu 80 Wagen gebracht werden. Ausschlaggebend für diese Bemessung war der Umstand, dafs für einen Überführungszug nach Chicago 80 Wagen die Zahl sind, die wirtschaftlich von einem solchen Zug an ihr Ziel gebracht werden können. Der Gleisabstand in diesem Bahnhofsteil beträgt 4,12 m; zwischen je fünf Gleisen ist ein Abstand von 5,2 m. In den so geschaffenen freien Flächen sollen später die Leitungsmaste aufgestellt werden, wenn der Verkehr nach Chicago elektrisch bedient wird.

Der für den Verkehr nach Süden bestimmte Bahnhofsteil ist grundsätzlich ebenso angelegt wie der eben beschriebene; nur in der Zahl und der Länge der Gleise weicht er von jenem etwas ab. Auch er besteht aus den drei Gruppen: Einfahr-, Ordnungs- und Ausfahrgleise. In den zwölf Einfahrgleisen finden 1023 Wagen Platz; die Zahl der Gleise kann auf 20, ihre Aufnahmefähigkeit auf 1694 Wagen gesteigert werden. Die Gruppe der Ordnungsgleise besteht aus 43 Gleisen, die Raum für je 20 bis 60 Wagen, zusammen für 1623 Wagen bieten; sie sind länger als diejenigen der entsprechenden Anlage für die Gegenrichtung. Auch hier sind zwei Gleise für Wagen vorhanden, an denen kleine Instandsetzungen vorzunehmen sind, und ein Verbindungsgleis ermöglicht die Überführung von Wagen zu den Anlagen für gröfsere Ausbesserungen. Die Ausfahrgleise auf dieser Seite sind erheblich länger als diejenigen des Bahnhofsteils für den Verkehr nach Norden, weil hier sehr lange Züge mit meist leeren Wagen für die Kohlenzechen im südlichen Illinois zu bilden sind; sie haben eine Gleislänge für je 110 bis 120 Wagen. Zur Zeit beträgt ihre Zahl zehn, und sie können 950 Wagen aufnehmen. Die Anlage kann auf 18 Gleise für 1718 Wagen erweitert werden.

Zwischen beiden Bahnhofsteilen liegen die Gleise für die Zugführerwagen, die bekanntlich in Amerika an das Ende des Zuges gestellt zu werden pflegen. Die Gleise sind so eingerichtet, dafs nach der Einfahrt der Zugführerwagen, der vor Beginn des Abdrückens von seinem Zug losgelöst wird, einem in der Gegenrichtung ausfahrenden Zug zugeführt werden kann. Zwischen den beiden Bahnhofsteilen sind die schon erwähnten Gleise zur Aufnahme instandsetzungsbedürftiger Wagen mit den dazu nötigen Gebäuden untergebracht. Diese Anlagen bieten zur Zeit Raum für 1180 beschädigte Wagen, sie können aber so erweitert werden, dafs noch weitere 670 Wagen hier aufgestellt werden können. Daneben liegt eine Halle zur Ausführung der Instandsetzungsarbeiten, für die eine zeitgemäfse Ausstattung mit allen dazu nötigen Vorrichtungen vorgesehen ist.

An den Ausfahrenden der beiden Bahnhofsteile sind Druckluftleitungen vorhanden, um die Bremsprobe an den fertig zusammengestellten Güterzügen vornehmen und deren Luftleitungen füllen zu können. Zur Erzeugung der Druckluft sind zwei Anlagen mit elektrischem Antrieb vorhanden, so dafs beim Versagen der einen die andere einspringen kann.

Abgesehen vom Eselsrücken und den Ordnungsgleisen, deren Neigungsverhältnisse bereits beschrieben worden sind, liegt der für den Verkehr nach Norden bestimmte Teil des Bahnhofs Markham in einer Neigung von 1 : 285 (0,35 v. H.), der dem Verkehr in der Gegenrichtung dienende Teil in einer Neigung von 1 : 180 (0,055 v. H). Die Höhenlage an den Anschlufsstellen ergab sich aus den örtlichen Verhältnissen, durch die die Höhenlage der durchgehenden Hauptgleise festgelegt war. Die steilere Steigung in der Richtung nach Süden erschien deshalb zulässig, weil in dieser Richtung meist nur Leerzüge verkehren.

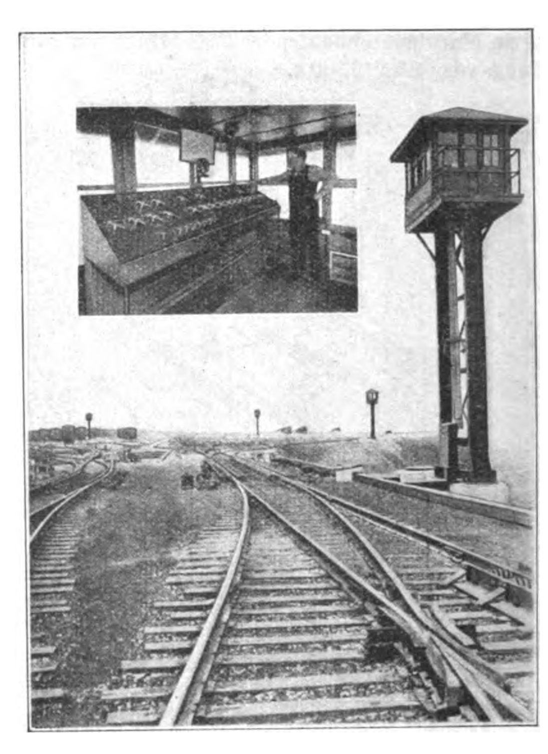


Abb. 2. Blick auf Bahnhof Markham vom Turm T und in das Innere dieses Turms.

Unter den Besonderheiten des Bahnhofs Markham nimmt die erste Stelle der weitgehende Einbau von Gleisbremsen ein. Nicht weniger als 121 solcher Vorrichtungen sind auf die Ordnungsgleisanlagen der Nordseite verteilt. Sie nehmen 2157 m Schienenlänge ein. Für sie ist eine amerikanische Bauart mit Druckluftantrieb und elektrischer Steuerung gewählt worden, die sich bereits bei einer Anwendung im Bahnhof Gibson der Indiana-Hafen-Gürtelbahn bewährt hat. Über diese Gleisbremsen soll noch besonders berichtet werden. Sie werden von fünf Stellwerkstürmen aus bedient, in die auch die 69 Weichen des Bahnhofs Markham mit Kraftantrieb und die 65 ebenso angetriebenen Hemmschuhleger eingebunden sind (Abb. 2). Auch diese Vorrichtungen haben Druckluft-elektrischen Antrieb. Die Bewegung der Züge von den Einfahrgleisen über den Eselsrücken wird durch Lichtsignale geregelt; sie vermitteln mit drei Lichtern vier Signalbegriffe: schnell drücken durch grünes, langsam drücken durch gelbes Licht; rotes Licht befiehlt halten, rotes und gelbes zusammen rückwärts bewegen. An demselben Mast wie das eben erwähnte Lichtsignal ist ein zweites mit dem Gesicht nach den Ordnungsgleisen zu angebracht; es regelt durch rotes und grünes Licht die Arbeit in diesen Gleisen. Am Fufse des Eselsrückens ist ein Schalter eingebaut, der in einer seiner Stellungen die Signale so beherrscht, dafs nur das rote Licht eingestellt werden kann, während er in der anderen Stellung die freie Bedienung der Lichtsignale ermöglicht. Die Signale auf dem Eselsrücken werden durch Wiederholungssignale

in den Einfahrgleisen auch dem Führer der Drucklokomotive erkennbar gemacht.

In der für den Verkehr nach Norden bestimmten Anlage sind bis jetzt als Höchstleistung in der Stunde 180 Wagen behandelt worden. Die Leistungsfähigkeit dieser Anlage ist bis jetzt bei weitem noch nicht erschöpft worden; im Durchschnitt laufen in einer achtstündigen Schicht etwa 600 Wagen ab. Der Verkehr kann also noch erheblich zunehmen, ehe die vorgesehenen Erweiterungen ausgeführt werden müssen. Zur Zeit arbeitet in jeder Schicht nur eine Drucklokomotive, infolgedessen vergeht zwischen dem Ablaufen von zwei aufeinanderfolgenden Zügen eine Pause von einer halben Stunde. Diese Pause könnte vermieden werden, wenn eine zweite Drucklokomotive gestellt würde; zur Zeit ist das aber noch nicht nötig, weil von Süden nicht so viel Wagen eingehen, dafs der Ablauf ohne Pause durchgeführt werden müfste. Der lebhafteste Betrieb herrscht in den Morgenstunden zwischen 2 und 4 Uhr; in diesen Stunden gehen 40 v. H. der gesamten Tagesmenge an Wagen ein. Man schätzt, dafs zur Zeit durch die Anwendung der Gleisbremse 30 Arbeitskräfte gespart werden, die sonst auf den Wagen mitfahren müfsten, um deren Geschwindigkeit durch Bremsen zu regeln. Bei voller Ausnutzung der Gleisanlagen müfste die Zahl der Verschiebearbeiter, wenn keine Gleisbremsen vorhanden wären, um 40 v. H. vermehrt werden.

Die Lokomotivanlagen des Bahnhofs Markham liegen in der Nähe seines Südendes, etwas abseits von den übrigen Gleisen. Die Lage ist gewählt, um zu verhindern, dafs der Lokomotivrauch die Arbeiten in den Gleisen stört. Ein Rundschuppen kann 30 Lokomotiven aufnehmen. Eine Drehscheibe von 30 m Durchmesser dient zum Drehen der Lokomotiven. Schlackengruben in zwei Gleisen mit Wasserfüllung von 76 m Länge dienen zum Ausschlacken der Lokomotivfeuerung. Eine Becheranlage von 1200 bis 2000 t Fassungsraum versorgt die Lokomotiven mit Kohle, zwei Wasserbehälter von 380 m^3 Inhalt mit Speisewasser. Bei lebhaftem Betrieb werden in diesen Anlagen, die auch mit Einrichtungen zur Vornahme von Instandsetzungsarbeiten an den Lokomotiven ausgestattet sind, täglich 150 bis 250 Lokomotiven abgefertigt werden müssen.

Besonderer Wert ist auf die Beleuchtung des Bahnhofs Markham gelegt worden. Auf acht Türmen, deren Höhe bis zu 36,6 m geht, sind Gruppen von Scheinwerfern, von denen bis zu neun eine solche Gruppe bilden, über den Bahnhof verteilt. Eine neunte Gruppe erleuchtet die Lokomotivgleise vom Dache der 24,5 m hohen Bekohlungsanlage aus.

Um die Begleitpapiere der Güterwagen schnell den Stellen zuzuführen, wo sie bearbeitet werden müssen, ist der Bahnhof Markham mit einer Rohrpostanlage versehen. Durch diese schickt der Führer eines einfahrenden Zugs die Papiere in das Bureau, wo sofort die Ablauflisten zurecht gemacht und durch Fernsprecher den beteiligten Stellen übermittelt werden. In 20 bis 30 Minuten nach der Einfahrt eines Zugs sind diese Arbeiten beendet, so dafs das Ablaufen beginnen kann. In allen Stellwerkstürmen und in den Bureauräumen sind Lautfernsprecher vorhanden, durch die der Verschiebedienst geregelt wird. Aufserdem sind alle Stellen des Bahnhofs durch Fernsprecher mit Selbstanschlufs miteinander verbunden. Diese Anlage dient auch zur Überwachung der Nachtwächter.

Sobald ein von Süden einlaufender Zug in den Einfahrgleisen zum Halten gekommen ist, verläfst ihn seine Lokomotive und fährt nach den Lokomotivanlagen ab. Ein Wagenschreiber prüft die Nummern und den Verschlufs der Wagen und schreibt an jeden mit Kreide das Gleis an, in das er ablaufen soll. Seine Aufzeichnungen, die sich auf eine Liste des Zugführers gründen, übergibt er dem Wiegemeister. Wenn dann die Stellwerke ihre Listen in der früher beschriebenen Art erhalten haben, kann das Ablaufen beginnen. Die Druckmaschine stellt erst den Zugführerwagen in das dazu bestimmte Gleis ab, wo er zur Abholung und Wiederverwendung bei einem in der Gegenrichtung ausfahrenden Zug bereit steht; sie kehrt dann an den Zug zurück und beginnt, sobald das Signal dazu gegeben wird, mit dem Abdrücken. Mit der Liste in der Hand leitet der Stellwerkswärter am Eselsrücken den Ablauf der Wagen, indem er sie in das richtige Gleis leitet und ihre Geschwindigkeit mit Hilfe der Gleisbremsen regelt. Sobald der letzte Wagen abgelaufen ist, werden die Wagengruppen in den Ordnungsgleisen durch Lokomotiven, die vom Eselsrücken leer anfahren, zusammengedrückt. Die Drucklokomotive kehrt in die Einfahrgleise zurück und setzt sich hinter den nächsten Zug. Damit die Lokomotiven von einer Seite der Anlage auf die andere gelangen können, ohne den Ablaufbetrieb zu stören, ist ein Verbindungsgleis für die Lokomotiven unter dem Eselsrücken unterführt.

Aus den Ordnungsgleisen wird der fertige Zug durch die Lokomotive, die die einzelnen Gruppen vereinigt hat, in die Abfahrgleise überführt. Hier wird die Bremsleitung mit Druckluft gefüllt, die Bremsprobe vorgenommen, und die Wagen werden durchgesehen. Sobald dann die zur Beförderung des Zugs bestimmte Lokomotive angekuppelt ist, ist der Zug fertig zur Ausfahrt.

Beim zukünftigen Ausbau des Bahnhofs Markham ist auch die Schaffung einer Umladeanlage für Stückgut in Aussicht genommen. Sie soll 12 km Gleis umfassen und 714 Wagen Raum bieten. Zum Umladen dienen fünf Ladebühnen.

Für den Feuerschutz des Bahnhofs Markham ist durch ein besonderes Leitungsnetz mit zwei Pumpen mit elektrischem Antrieb gesorgt. Über den Bahnhof sind eine Anzahl Wasserstöcke und Schlauchhäuser verteilt.

Im März 1913 gingen in Chicago von Süden her etwa 18 000 Güterwagen ein; bis zum März 1918 war diese Zahl auf 33 899 gestiegen. Diese Zunahme des Verkehrs gab Anlafs zur Schaffung des vorstehend beschriebenen Bahnhofs, dessen Gleise 9646 Wagen aufnehmen können. Wenn der Bahnhof ganz ausgebaut wird, bietet er die Möglichkeit auf fast 260 km Gleis 13 889 Wagen aufzustellen; seine Tagesleistung wird dann 6000 Wagen betragen.

Ergebnisse der Sitzung des V. Ausschusses der U. J. C., Technische Fragen, in Paris am 20. und 21. Dezember 1926*).

Im Anschlufs an früher (1922/24) stattgefundene Besprechungen der U. J. C. über »Einführung und Betrieb der durchgehenden Güterzugbremse« fanden im Frühjahr 1926 auf italienischen und schweizerischen Strecken Versuche mit der Kunze-Knorr- und Westinghouse-Bremse statt. Der damit beauftragte Unterausschufs, der sich aus Vertretern der Schweiz (Vorsitz), Deutschland, Ungarn, Frankreich und Italien zusammensetzte, hat die Ergebnisse dieser Versuchsfahrten in einem ausführlichen, mit einem Entwurf von Schlufsfolgerungen abschliefsenden Bericht an den V. Ausschufs der U. J. C. niedergelegt. Nach diesen Schlufsfolgerungen sollten 1. an Stelle des Berner Programms von 1909 33 neue Bedingungen für eine durchgehende Güterzugbremse treten, 2. sollte festgestellt werden, dafs die Kunze-Knorr- und die Westinghouse-Bremse diese 33 Bedingungen erfüllen und somit geeignet sind, für Güterwagen im internationalen Verkehr zugelassen zu werden.

*) Vergl. Zeitschrift des Internationalen Eisenbahnverbandes, Januar 1927.

Diese Schlufsfolgerungen wurden vom Ausschufs geprüft und gebilligt*).

Die wichtigsten der 33 vorgeschlagenen Bedingungen sind folgende:

Die ersten Punkte schreiben die Einrichtung von Brems- und Leitungswagen, die Möglichkeit der Last- und Eigengewichtsabbremsung, sowie die Verwendung eines mit vollständiger Bremsausrüstung versehenen Güterwagens als Leitungswagen vor. Die Bremse soll bei einem normalen Betriebsdruck von 5 at arbeiten und in den Grenzen von 2 bis 5,5 at unbedingt betriebssicher wirken. Die Bremsung wird durch Druckabfall bewirkt; Druckminderungen von 0,5 at in der Hauptleitung müssen sich bei beliebiger Zusammenstellung bis zu 200 Achsen unbedingt bis zum Zugschlufs fortpflanzen. Bei Schnellbremsung aus normalem Betriebszustand soll eine Durchschlagsgeschwindigkeit von 100 m/Sek. bei Zügen aller Art und Zusammensetzung bis zu 200 Achsen erreicht werden. Neben der Schnellbremsung müssen abgestufte Betriebsbremsungen bis zur Vollbremsung und nicht abgestufte Vollbremsungen möglich sein. Bei normalem Betriebsdruck soll eine Druckminderung um 1,5 at einer vollen Eigengewichtsabbremsung, um 1,7 at einer vollen Lastabbremsung entsprechen. Der Bremsklotzdruck soll im ersten Falle bei gröfstem Kolbenhube 50 %, bei kleinstem 85 % des Eigengewichts betragen. Im zweiten Falle, also bei Lastabbremsung, soll bei gröfstem Kolbenhub der Bremsklotzdruck die Hälfte der Summe aus Eigengewicht und der kleinsten Last, von der ab die Lastabbremsung angewendet werden darf, erreichen; bei kleinstem Kolbenhub 85 % dieses angegebenen Summenwertes. Die Bremsung soll eingeleitet werden durch einen Klotzdruck, der bis 20 % des im Verlauf dieser Bremsung erreichten höchsten Bremsklotzdruckes beträgt. Vollbremsung soll bei kleinstem Kolbenhub nach frühestens 28 Sek., beim gröfsten Kolbenhube nach frühestens 60 Sek., gerechnet vom Beginn des Druckanstieges im Bremszylinder, eintreten. Sodann folgen Bestimmungen über das Lösen der Bremse. Dieser Vorgang soll bei Wagen mit Umstellvorrichtung für Fahrten in der Ebene 25 Sek. bei kleinstem und 60 Sek. bei gröfstem Kolbenhub in Anspruch nehmen; für Fahrten im Gefälle entsprechend 45 und 110 Sek. Die letzten Werte gelten auch für Wagen ohne Umstellvorrichtung. Sämtliche etwa vorhandene Umstellvorrichtungen am Wagen müssen leicht erkennbar und gut zugänglich sein. Weiter werden zwei Ausführungsformen der Bremse verlangt: eine reine Güterzugbremse und eine Bremse, die sich sowohl für Güterzüge als auch für schnellfahrende Züge eignet. Die Haupt- und Zweigleitungen, die Kupplungsschläuche und die Absperrhähne sollen einen Durchgangsquerschnitt haben, der dem einer Leitung mit 25 mm lichter Weite entspricht. Die für die Beförderung der Züge verwendeten Lokomotiven und Tender müssen sowohl mit der selbsttätigen als auch mit der unmittelbar wirkenden Bremse ausgerüstet sein. Bei allen möglichen im Betrieb vorkommenden ungleichmäfsigen Zugzusammenstellungen mufs die Bremse so beschaffen sein, dafs teilweise und voll beladene Züge von mindestens 1200 t bzw. 1500 t bei etwa 150 bzw. 100 Achsen Stärke und Leerzüge bis 150 Achsen betriebssicher ohne gefährliche Stöfse und Zerrungen in jedem Gelände befördert werden können. Auch soll es möglich sein, Leerzüge bis zu 200 Achsen in der Ebene zu befördern.

Für die Errechnung des Bremsweges wird unter bestimmten Annahmen eine Formel gegeben. Zum Schlusse wird verlangt, dafs die Bremse ohne schädliche Stöfse und Zerrungen gelöst werden kann; dafs ihre Bremskraft sich auf langen und starken Gefällen nicht erschöpft, dafs vielmehr diese Strecken mit voller Sicherheit und möglichst gleichmäfsiger vorgeschriebener Geschwindigkeit befahren werden können. Eine einfache Bremsprobe soll schliefslich dem Führer Gewifsheit verschaffen, dafs die Bremsleitung des ganzen Zuges verbunden und wirksam ist.

Hinsichtlich der Anschlüsse der Schlauchkupplungen für Güterwagen mit Druckluftbremse wurden Vorschriften angenommen, die für neu zu bauende oder mit der durchgehenden Bremse auszurüstende Fahrzeuge bindend, für bereits vorhandene dagegen nur als Empfehlung aufzufassen sind.

Die zweite Frage behandelte das Anbringen besonderer Kennzeichen an den Güterwagen, die mit durchgehender Leitung für die elektrische Heizung ausgerüstet sind. Hier beschlofs der Ausschufs dem geschäftsführenden Komitee vorzuschlagen, ein gelb gestrichenes Zeichen als verbindlich zu erklären, das von dem früher vorgeschlagenen Rechteck nur insofern abweicht, als es am oberen Ende eine abgestumpfte Ecke hat.

Endlich wurde auf Anregung des geschäftsführenden Komitees die Unterteilung des V. Ausschusses in mehrere Gruppen (Fahrzeuge, Gleisbau, Elektrizität) beschlossen. Pö.

*) Sie sind inzwischen auch vom Geschäftsführenden Komitee der U. J. C. in seiner 6. Sitzung in Paris am 2. und 3. Mai 1927 unverändert angenommen worden.

Berichte.

Lokomotiven und Wagen.

Der amerikanische Lokomotivbau zur Frage der Hochdrucklokomotive.

Die Amerikanische Maschinentechnische Gesellschaft hat anläfslich ihrer letztjährigen Hauptversammlung auch zur Frage der Verwendung des Hochdruckdampfes bei Lokomotiven Stellung genommen. Ein von den Professoren Edward C. Schmidt und John M. Snodgrafs vorgelegter Bericht erörtert zunächst die grundsätzlichen Unterschiede, die in dieser Frage zwischen den Verhältnissen in Amerika und Europa bestehen. Für die meisten europäischen Bahnen hat darnach der Hochdruckdampf wesentlich gröfsere Bedeutung als für die amerikanischen Bahnen, weil die in Europa übliche Art des Zugbetriebs mit kleinen Schlepplasten bei hohen Kohlenpreisen zum Streben nach gröfstmöglicher Wirtschaftlichkeit zwinge. In Amerika dagegen sei der Zugbetrieb mit den schweren Zugseinheiten an sich schon ziemlich wirtschaftlich und die Kohlenpreise seien noch verhältnismäfsig niedrig; immerhin müsse man in Erwägung ziehen, dafs die Lichtraum-Umgrenzung und die Tragfähigkeit von Oberbau und Brücken eine wesentliche Vergröfserung der Lokomotiven kaum mehr zulassen werden und dafs man daher mit Rücksicht auf die Leistungserhöhung eine Erhöhung des Kesseldruckes auch in Amerika nicht werde aus dem Auge verlieren dürfen.

Der Bericht unterscheidet zwischen Hochdruckdampf in den Grenzen zwischen 16 und 25 at und Höchstdruckdampf von 25 bis 60 at. Hochdrucklokomotiven in diesem Sinne sind in Amerika schon eine ganze Reihe vorhanden; eine Höchstdrucklokomotive soll zur Zeit in Arbeit sein.

Bei Drücken bis zu 21 at glaubt man noch mit dem üblichen Lokomotivkessel auskommen zu können; die Pennsylvania-Bahn hat über 600 1 E 1-Lokomotiven und 200 2 D 1-Lokomotiven mit Regelkesseln in Betrieb, die einen Druck von 17,6 at besitzen. Der Dampfverbrauch soll sich bei diesen Lokomotiven um 9 % geringer stellen als bei ähnlichen Lokomotiven mit 14 at Kesseldruck. Man mufs bei diesen Angaben aber berücksichtigen, dafs der Minderverbrauch vielleicht zum gröfseren Teil den günstigeren Füllungsverhältnissen bei den Hochdrucklokomotiven zuzuschreiben ist, die verhältnismäfsig gröfsere Zylinder besitzen als die durch die Umgrenzungslinie eingeschränkten Lokomotiven mit geringerem Dampfdruck.

Bei über 21 at greift man auf Kessel mit Wasserrohrfeuerbüchsen ähnlich der Ausführung von Brotan zurück. Es sind zur Zeit zwei derartige Lokomotiven im Betrieb: die 2 D 1-h 2 Lokomotive der New York, New Haven und Hartford Bahn mit 17,6 at*)

*) Organ 1926, S. 328.

und die 2E1-h3v Versuchslokomotive von Baldwin mit 24,5 at Kesseldruck*). Letztere Lokomotive wurde zunächst auf dem Versuchsstand in Altoona eingehend untersucht. Dabei konnten nach dem Bericht stündlich 5,4 t Kohle verfeuert und damit 38,5 t Dampf erzeugt, also eine etwa siebenfache Verdampfung erzielt werden. Bei dieser gröfsten Beanspruchung betrug der Kesselwirkungsgrad 52%, die gröfste indizierte Leistung der Lokomotive war 4500 PS. Der Wasserverbrauch war bei allen Leistungen zwischen 1500 und 4500 PS_i annähernd gleichmäfsig und zeigte sich nur wenig abhängig von Geschwindigkeits- und Füllungsänderungen. Der stündliche Dampfverbrauch betrug bei Geschwindigkeiten von 25 bis 60 km/h und Füllungen von 50 bis 80% im Hochdruckzylinder 6,4 bis 7 kg/PS_i; bei 90% Füllung im Hochdruckzylinder betrug er bei 25 km/h 7,4 und bei 36 km/h 7,5 kg/PS_i. Der stündliche Verbrauch bewegte sich zwischen 0,86 kg/PS_i bei kleinen Leistungen und 1,22 kg/PS_i bei der Gröfstleistung. Nach der Untersuchung auf dem Prüfstand wurden mit der Lokomotive noch Versuchsfahrten bei der Pennsylvania-Bahn und der Baltimore- und Ohio-Bahn vorgenommen, welche die auf dem Prüfstand erzielten Ergebnisse bestätigten. Eine dritte Lokomotive, die 1D-h2v Lokomotive der Delaware- und Hudson-Bahn mit 24,6 at Kesseldruck**) besitzt ebenfalls eine Wasserrohrfeuerbüchse; bei ihr weicht aber auch der Langkessel von der bisherigen Form ab. Er ist in einen wassergefüllten Unterkessel und zwei dampfgefüllte Oberkessel unterteilt.

Für die Höchstdrucklokomotive glaubt der Bericht die Kesselausführung der Schmidt'schen Heifsdampfgesellschaft als die beste derzeitige Lösung betrachten zu müssen. Es scheint aber nach dem Bericht und der anschliefsenden Besprechung als ob der amerikanische Lokomotivbau sich zunächst mehr auf die Verwendung der mittleren Drücke zwischen 16 und 25 at beschränken wolle, weil darüber hinaus gröfsere Schwierigkeiten, vor allem hinsichtlich der Schmierung, erwartet werden, während andererseits der wärmetechnische Vorteil gerade bei diesen mittleren Drücken verhältnismäfsig gröfser ist als bei den Höchstdrücken. R. D.

(Railw. Age 1926, 2. Halbj., Nr. 25 und 1927, 1. Halbj., Nr. 2.)

Die zweite 1D-h2v-Hochdrucklokomotive der Delaware- und Hudson-Bahn.

Zu Anfang Februar d. J. hat die Delaware- und Hudson-Bahn eine zweite Hochdrucklokomotive „John B. Jervis“ in Dienst gestellt, die im allgemeinen der Ende 1924 gebauten ersten Lokomotive „Horatio Allen“**) entspricht, immerhin aber in einigen Punkten Veränderungen aufweist. Vor allem wurde der Dampfdruck von 24,6 auf 28 at gesteigert; im Zusammenhang damit konnten die Zylinderabmessungen kleiner gehalten werden. Durch verschiedene Vereinfachungen, konstruktive Verbesserungen und die Verwendung hochwertigen Materials für einzelne Teile konnte ferner das Gewicht der Lokomotive etwas verringert werden.

Beim Kessel ist die Verdampfungsheizfläche etwas verkleinert und die Überhitzerheizfläche vergröfsert worden. Die Erfahrung mit der „Horatio Allen“ hatte gezeigt, dafs der dort verwendete Überhitzer nur Dampftemperaturen bis zu 320° erbrachte, während eine Steigerung auf 370° erwünscht war. Die Feuerbüchse ist bei der neuen Lokomotive um 381 mm verlängert und um 76 mm verbreitert und damit die Rostfläche um 1 m^2 vergröfsert worden. Den seitlichen Abschlufs der Feuerbüchse bilden jetzt beiderseits fünf Reihen Wasserrohre — insgesamt 286 Rohre — die alle den gleichen Durchmesser von 64 mm besitzen. Der Hauptkessel war bei der „Horatio Allen“ mit den Oberkesseln im vorderen Teil noch durch vier Rohre verbunden; bei der neuen Ausführung sind diese weggefallen. Im übrigen ist die gesamte Kesselanordnung dieselbe geblieben. Der Regler ist jetzt nach dem Überhitzer eingeschaltet; damit ist die Verwendung von überhitztem Dampf auch für die Hilfsmaschinen ermöglicht. Schliefslich mufs noch erwähnt werden, dafs die Lokomotive, wie die Quelle berichtet, auf Grund der Versuchsergebnisse bei der Deutschen Reichsbahn ein weites, niedrig stehendes Blasrohr zur Verringerung des Gegendruckes erhalten hat.

*) Organ 1926, S. 412.
**) Organ 1925, S. 327.

An Stelle der Joung-Steuerung besitzt die neue Lokomotive Heusinger-Steuerung. Rein äufserlich ist sie insofern verschönert worden, als die Kesselbekleidung jetzt die Ober- und den Unterkessel mit einem einzigen Mantel umschliefst.

Um die Zahl der zum Wasserfassen erforderlichen Halte einzuschränken, hat die neue Lokomotive einen sechsachsigen Tender von ungewöhnlich grofsem Fassungsvermögen erhalten, dessen hinteres, dreiachsiges Drehgestell nach der Bauart der Bethlehem-Stahlwerke durch eine Hilfsmaschine angetrieben wird und zwei gekuppelte Achsen besitzt.

Die Hauptabmessungen der neuen Lokomotive, verglichen mit denen der „Horatio Allen“, sind:

	„Horratio Allen“	„John B. Jervis“	
Kesselüberdruck p	24,6	28	at
Zylinderdurchmesser: Hochdruck d	597	565	mm
„ : Niederdruck d_1	1041	965	„
Kolbenhub h	762	762	„
Kesselmitte über Schienenoberkante	2781	2781	„
Heizrohre, Anzahl	145	101	Stück
„ Durchmesser	51	51	mm
Rauchrohre, Anzahl	42	52	Stück
„ Durchmesser	136,5	140	mm
Rohrlänge	4572	4572	„
Heizfläche der Feuerbüchse samt Tragrohren	110,7	113,0	m^2
Heizfläche der Rohre	187,0	177,0	„
„ des Überhitzers	53,8	65,0	„
„ — im Ganzen — H	351,0	355,0	„
Rostfläche R	6,63	7,6	„
Durchmesser der Treibräder	1448	1448	mm
„ „ Laufräder	965	914	„
Fester Achsstand (Kuppelachsen)	5487	5487	„
Ganzer Achsstand der Lokomotive	8839	8839	„
„ „ „ „ einschl. Tender	20009	22847	„
Reibungsgewicht G_1	135,3	134,0	t
Dienstgewicht der Lokomotive G	157,7	153,0	„
„ des Tenders	89,6	137,0	„
Vorrat an Wasser	34,0	60,0	m^3
„ „ Brennstoff	13,8	18,2	t
Zugkraft mit Zwillingswirkung (nach der Quelle)	38200	38650	kg
Zugkraft mit Verbundwirkung	31800	32100	„
„ der Zusatzmaschine	8920	8920	„
Zylinder-Raumverhältnis	1 : 3,05	1 : 2,92	
H : R	53	46,9	
H : G	2,23	2,32	m^2/t
H : G_1	2,6	2,66	„

(Railw. Age 1927, 1. Halbj., Nr. 11.) R. D.

Buchbesprechungen.

Der Industriestaub, Wesen und Bekämpfung von Dr. Ing. Robert Meldau, Berlin 1926. V. D. I.-Verlag. G. m. b. H.

Das Eisenbahnwesen ist wohl einer derjenigen Betriebe, die am meisten mit Staub und seinen Einwirkungen zu tun haben. Trotzdem hat man bisher dieser Frage dort wohl keine besondere Beachtung geschenkt. Der Verfasser des vorliegenden Buches behandelt die Staubfrage zunächst nur in dem Bestreben, alles ihm über dieses Gebiet Erreichbare zu sammeln. Es ist dem Eisenbahntechniker sehr zu empfehlen, dieses Buch zur Hand zu nehmen. Er wird eine grofse Zahl von Berührungspunkten mit seinem Fach finden und zum mindesten aufmerksam werden auf manche Möglichkeiten. Er erhält zwar hier nicht immer Lösungen für die gerade ihm nahe liegenden Fragen, denn dazu ist die Staubtechnik im allgemeinen, trotz sehr bedeutender Leistungen auf Einzelgebieten, noch zu sehr

in den Anfängen wissenschaftlicher und praktischer Allgemeinbehandlung. Hauptsächlich soweit die Elektrotechnik, der die Staubfragen besonders nahe liegen, ins Eisenbahnwesen Eingang gefunden hat, sind lehrreiche Beispeile für Staubbekämpfung auch im Eisenbahnwesen aufgezeigt. Erwähnt sei die Reinigung der Kühlluft für elektrische Maschinen, besonders auch für elektrische Lokomotiven und Triebwagen, die Reinhaltung von Isolatoren usw. Aber auch manches dem Dampflokomotivmann naheliegende Gebiet, wie z. B. die Funkenfängerfrage, ist hier behandelt. Die Einwirkung des Staubes auf Fahrzeuge und Fahrgäste, Güter usw. bietet ein noch sehr entwicklungsfähiges Fachgebiet. Leider kann hier nicht die vielseitige Sammelarbeit im einzelnen dargelegt werden. Wer das Buch durcharbeitet, wird sich von seinem Nutzen überzeugen und viele Anregungen daraus schöpfen. Tetzlaff.

Zuschrift an die Schriftleitung.

Zu der in Heft 10 und 11 veröffentlichten Abhandlung

„Der Oberbau der grofsen Geschwindigkeiten und grofsen Achsdrücke: Das Gleis auf Federn und festen Stützen“

erhalten wir vom Verfasser, Bundesbahndirektor Dr. Alfred Wirth in Wien, II., Nordbahnstrafse 50, folgende Zuschrift, die wir hiermit wiedergeben:

Ich würde es sehr begrüfsen, wenn die in meiner Abhandlung dargelegten Betrachtungen und Vorschläge einer kritischen Beurteilung unterzogen würden, wie immer das Ergebnis dieser Beurteilung auch sein möge. Ich habe im Vorwort des Abschnittes „Die einzelnen Teile des Gleises“ ausdrücklich erwähnt, dafs die Abbildungen hauptsächlich dazu dienen, eine Möglichkeit der Ausführung zu versinnbildlichen und dafs ich mir vollkommen bewufst bin, dafs es auch andere geeignete Lösungen geben wird. Tatsächlich haben sich bereits bei der Ausführung der Einzelpläne sowohl für die Schienenverankerung wie für die Vorrichtung gegen das Abheben der Schienen und für die Querverbindung auch andere Lösungen als vorteilhaft gezeigt, ohne jedoch von den von mir dargelegten Grundsätzen abzuweichen. Für die Querverbindung wird man z. B. auf eine einfache Festhaltung des Schienenfufses mittelst Klemmplättchen auf steifer Querplatte, ähnlich einer schmalen Eisenquerschwelle, greifen können, um damit das Anbohren der Schiene zu vermeiden.

Ich stelle auch die Bitte, mir von jenen Fachblättern, die sich mit meiner Abhandlung befassen sollten, ein Heft zukommen zu lassen, damit ich in die Lage gelange, wertvolle Anregungen zu beachten und gegebenenfalls zu den Kritiken Stellung zu nehmen.

Dr. Wirth.

Verschiedenes.

Die 66. Hauptversammlung des Vereins deutscher Ingenieure fand vom 28. bis 30. Mai in Mannheim statt.

Wie in den vorangegangenen Jahren, stellte auch die diesjährige Tagung, die unter aufserordentlich starker Beteiligung vor sich ging, einen Höhepunkt des in der deutschen Technik pulsierenden Lebens dar. Der Hauptton der Vorträge lag auf dem Problem der Verbrennungskraftmaschinen.

Aus den Fachsitzungen hierüber liefs sich die Anschauung loslösen, dafs sich mit fortschreitender Entwicklung die Anwendungsgebiete der Dampfkraftmaschinen und Verbrennungsmotoren allmählich gegenseitig abgrenzen. Während dem Dampfbetrieb in erster Linie das Gebiet der ortsfesten Anlagen vorbehalten bleibt, geht die Entwicklung der Verbrennungsmaschinen, wenigstens soweit sie flüssige Brennstoffe verwerten, in der Richtung des Fahrzeugantriebs. Professor Langer, Aachen leitete die Sitzung mit kritischen Betrachtungen über die Bewertung der Verbrennungsmotoren ein. Als Vergleichsprozefs genügt sowohl für Gasmaschinen, die nach dem Verpuffungsverfahren, als auch für Dieselmotoren, die nach dem Gleichdruckverfahren arbeiten, der Prozefs von Otto. Dadurch wird die Spaltung, die durch die verschiedenen Vergleichsprozesse für Gasmaschinen und Dieselmotoren in die Gruppe der Verbrennungsmaschinen hineingebracht worden ist, wieder überbrückt. In einfacher Weise kann die Wertung durch Aufstellung von Rechentafeln praktisch erleichtert werden. Der Temperatur der Abgase und einer ausgiebigen, inneren Belüftung der Maschine bei Zwei- und Viertaktmaschinen ist eine gröfsere Beachtung zu schenken. — In einer Aussprache über die neuesten Fortschritte der schnelllaufenden Dieselmotoren berichtete Professor Dr. Ing. Stribeck, Stuttgart, über seine Untersuchungen am kompressorlosen Fahrzeug-Dieselmotor. Eingehende Temperaturmessungen während der Verbrennung ergaben, dafs beim Aeromotor der Firma B. Bosch A. G. das bei schnellaufenden Verbrennungsmotoren so schwierige Problem der raschen und vollständigen Vermischung des flüssigen Brennstoffes mit Luft keine Rolle spielt, weil die Mischung sich gleichsam selbsttätig im Verlauf der Verbrennung vollzieht. Infolge der eigenartigen Anordnung eines trichterförmigen Brennraumes mit daran anschliefsendem Luftspeicher im Kolben pafst sich die Geschwindigkeit der Mischung von Luft und Brennstoff von selbst der Drehzahl an. Als Beitrag zum gleichen Thema besprach Professor Dr. Ing. K. Neumann seine Untersuchungen am Dornermotor. Sein Bericht stellt zum erstenmal das Problem des schnellaufenden Dieselmotors auf eine wissenschaftliche Grundlage und zeigt, dafs heute grundsätzlich keine Schwierigkeit mehr besteht, kleinste Brennstoffmengen bei jedem Arbeitsspiel genau der Belastung entsprechend auch bei hohen Drehzahlen jedem Zylinder zuzumessen und vollkommen zu verbrennen. In dem Vortrag von Dr. Ing. L. Richter, Wien, über „Probleme des Zündmotors für flüssige Brennstoffe“ wurden Fragen der schnellaufenden Vergasermaschinen erörtert.

Im Fachausschufs für „Anstrichtechnik“ besprach Dr. Ing. Nettmann eingehend das mechanische Anstreichen. Dr. phil. Schulz, Kirchmöser, behandelte die Prüfverfahren für Anstriche, insbesondere die Kurzprüfverfahren, die durch geeignete Beanspruchung des Anstrichs der jahrelangen Einwirkung von Wind und Wetter gleichkommen. Über „Eisenschutz durch Anstrich“ sprach Dr. phil. Maafs, Berlin. Die Vorbedingungen eines guten und wirtschaftlichen Anstrichs fanden Erwähnung.

Die Fachsitzung „Betriebstechnik“ beschäftigte sich ausschliefslich mit der Holzbearbeitung mit dem Zweck, die Erfahrungen, die die Metallindustrie als betriebswirtschaftlich richtig erkannt hat, nach Möglichkeit in die Holzindustrie zu übertragen. Oberförster Dr. Hausendorf, Grimmitz, befafste sich in seinem Vortrag „Das Holz als Werkstoff“ vor allem mit der wirtschaftlichsten Ausnutzung des Stammholzes, der nicht durch ein unplanmäfsiges Ablängen des Holzes im Walde vorgegriffen werden soll. Die Schwierigkeiten in der Holzbearbeitung liegen zum gröfsten Teil im Werkstoff selbst. Die Festigkeitseigenschaften, sowie die Bearbeitbarkeit sind sehr stark abhängig von den Wachstumsbedingungen, der Faserrichtung und dem Feuchtigkeitsgehalt des Holzes. — Einen sehr interessanten Beitrag über „Massenfertigung von Holzersatzteilen in Eisenbahnwerkstätten“ brachte Werkdirektor Oberregierungsbaurat Bardtke, Wittenberge. Die Eisenbahnwerkstätten haben sich von handwerksmäfsiger auf fabrikmäfsige Arbeitsweise umgestellt und nach Normung der Einzelteile und Zusammenlegung bestimmter Arbeiten für gröfsere Bezirke eine besonders wirtschaftliche Massenfertigung in einzelnen Abteilungen durch gänzliche Ausschaltung aller Handarbeit und Einführung von Lehren, Schablonen und Vorrichtungen in Verbindung mit wirtschaftlich arbeitenden Maschinen entwickelt.

Bei der mit der Tagung verbundenen Versammlung der Gesellschaft für Bauingenieurwesen trug Oberregierungsbaurat Dr. Ing. K. Schaechterle, Stuttgart, über die Entwicklung der deutschen Brückenbautechnik in den letzten Jahren vor. Er kam zur Feststellung, dafs sich die künstlerischen Gesichtspunkte neben den technisch-wirtschaftlichen in den letzten Jahren wieder durchzusetzen begännen, was bei der beherrschenden Bedeutung der Brücken im Landschafts- und Städtebild als wesentliches Erfordernis anzusehen sei. Ein Beweis dafür sei das rege Interesse, das der Wettbewerb über die neue Rheinbrücke Köln-Mülheim fand.

Neben den Vorträgen war eine interessante Ausstellung der Arbeiten des Vereins deutscher Ingenieure und der ihm befreundeten Verbände veranstaltet. Pp.

Für die Schriftleitung verantwortlich: Reichsbahnoberrat Dr. Ing. H. Uebelacker in Nürnberg. — C. W. Kreidel's Verlag in München.
Druck von Carl Ritter, G. m. b. H. in Wiesbaden.

1927 82. Jahrgang. Heft 14 30. Juli

ORGAN FÜR DIE FORTSCHRITTE DES EISENBAHNWESENS

TECHNISCHES FACHBLATT DES VEREINS DEUTSCHER EISENBAHNVERWALTUNGEN



HERAUSGEGEBEN VON DR. ING. H. UEBELACKER
C. W. KREIDEL'S VERLAG · MÜNCHEN

Inhalt:

Zur Theorie des Lokomotivkessels. Dr. Ing. Heumann. 251.
Über die Leistungsfähigkeit der Ablaufanlagen von Flachbahnhöfen und Gefällsbahnhöfen. Dr. Ing. Frohne. (Schluß). 257. — Taf. 27.
Über die Lage des Reibungsmittelpunktes bei arbeitenden Lokomotiven. Dr. Uebelacker. 265.
Gegenwärtiger Stand der Elektrisierung in Holland. Ebert. 266.
D-h 2 Verschiebelokomotive der Terminal Railroad of St. Louis mit neuartigem Rahmen und Tender. 267.
Ergebnisse von Indizierversuchen an Lokomotiven bei Leerlauf. 268.
Selbsttätige Kupplung in Japan. 269.
Bremsdruckregler für Güterwagen. 269.
Die neue Bekohlungs- und Besandungsanlage in Doncaster. 269.

Besprechungen.

Hütte, Des Ingenieurs Taschenbuch. 269.
C. Kersten: „Freitragende Holzbauten". 270.
Die Zuständigkeiten der Beschaffungsstellen im Verwaltungsgebiet der Deutschen Reichsbahn-Gesellschaft. 270.

Verschiedenes. 270.

Organ für die Fortschritte des Eisenbahnwesens

Technisches Fachblatt des Vereins Deutscher Eisenbahn-Verwaltungen

Schriftleitung: Dr. Ing. H. Uebelacker, Nürnberg, unter Mitwirkung von Dr. Ing. A. E. Bloss, Dresden.

82. Jahrgang. | 30. Juli 1927 | Heft 14

Zur Theorie des Lokomotivkessels

im Lehrbuch von Garbe: »Die zeitgemäfse Heifsdampflokomotive«.

Von Prof. Dr. Ing. Heumann, Aachen.

Ein sehr bekanntes und geschätztes Lehrbuch über Lokomotiven ist das von Garbe. In dem vor einigen Jahren herausgekommenen Ergänzungsband: »Die zeitgemäfse Dampflokomotive« ist im zweiten Abschnitt: »Untersuchungen der Rost- und Heizflächenbeziehungen bei Dampflokomotiven« der Versuch einer Theorie des Lokomotivkessels gemacht worden. Das ist sehr zu begrüfsen, weil auf diesem wichtigen Gebiete aufser guten älteren allgemein grundlegenden Arbeiten an solchen, die die Eigentümlichkeiten des modernen Heifsdampf-Lokomotivkessels voll erfassen, aufser den Strahlschen nur wenig Brauchbares vorhanden ist, noch sehr viel zu tun bleibt. Dieser Abschnitt rührt nicht von Garbe selbst her, sondern von Dr. Ing. Morgenroth, ist dessen Doktorarbeit (T. H. Berlin). Garbe legt grofsen Wert auf diese Arbeit, denn er sagt im Vorwort, dafs der Inhalt des vorliegenden Ergänzungsbandes durch sie wesentlich gestützt werde. Bei der grofsen Bedeutung und der bisherigen Ungeklärtheit des Gegenstandes sowie wegen der hervorragenden Stelle dieser Veröffentlichung möchte ich mir einige kritische und ergänzende Betrachtungen dazu erlauben.

Wärmeübertragung.

Schwierig ist in der Lokomotivkesseltheorie die einigermafsen genaue Bestimmung der Wärmeübertragung von den Feuergasen an das Kesselwasser und an den Heifsdampf durch die verschiedenen Heizflächen hindurch, namentlich, weil die Wärmedurchgangszahl k sehr schwer einigermafsen genau zu erfassen ist. Dieser Wärmeübertragung widmet der Verfasser daher mit Recht eine ausführliche Untersuchung.

Wärmeübertragung in der Feuerbüchse.

Die ganze in der Feuerbüchse von den Gasen an das Wasser stündlich übertragene Wärmemenge Q_F bestimmt er nach dem Ausdruck

$$Q_F = K . H_F (T_o - t_o), \text{ worin}$$

H_F in m^2 die feuerberührte Heizfläche der Feuerbüchse,
T_o in ^0C die Verbrennungstemperatur in der Feuerbüchse,
t_o in ^0C die Siedetemperatur des Kesselwassers,
K in WE/m^2 Std. ^0C die Wärmedurchgangszahl bedeuten.

Dieser Ausdruck setzt Unveränderlichkeit von K, T_o und t_o voraus. Hiermit rechnet der Verfasser auch tatsächlich, unter Einsetzung des Höchstwerts von T_o an der Brennschicht. In Wirklichkeit ist nur t_o unveränderlich. Für K mufs man in Ermangelung genauerer Kenntnis allerdings einen unveränderlichen Mittelwert setzen; T_o ändert sich aber in weiten und erfafsbaren Grenzen auf dem Wege der Gase von der Brennschicht bis zum Eintritt in die Rohre, von T_o bis auf t_e. Sein hier in Frage kommender Mittelwert T_{o_m} hat bekanntlich den Ausdruck:

$$T_{o_m} = \frac{T_o - t_e}{\ln \frac{T_o - t_o}{t_e - t_o}} + t_o,$$

so dafs also der richtige Ausdruck für Q_F lautet:

$$Q_F = K_m . H_F \frac{T_o - t_e}{\ln \frac{T_o - t_o}{t_e - t_o}}.$$

Wie grofs der Fehler durch Vernachlässigung der Veränderung von T_o wird, zeigt die bildliche Darstellung der Abb. 1, worin — unter Voraussetzung eines richtigen K — bei $T_o = 1500^0$, $t_e = 1000^0$, $t_o = 190^0$, wie beim Verfasser, die Fläche A E C D die wirkliche Wärmemenge Q_F, die Rechteckfläche A B E C D das Q_F des Verfassers wiedergeben. T_o ist vom Verfasser nach der Gofsschen Formel für die Verbrennungstemperaturerhöhung $T_o = 975 + \frac{B}{R}$ berechnet, worin $\frac{B}{R}$ das auf 1 m^2 Rostfläche in der Stunde verbrannte Brennstoffgewicht in kg bedeutet, eine Formel, die rein empirisch, sehr ungenau und nicht allgemein gültig ist, weil sie die Abhängigkeit vom Heizwert des Brennstoffs und vom Wärmeverlust, der mit steigender Rostanstrengung zunimmt, gar nicht, die Strahlung in der Feuerbüchse höchstens ganz summarisch berücksichtigt. — Das zeigt übrigens auch die Abb. 49 des Verfassers selbst.

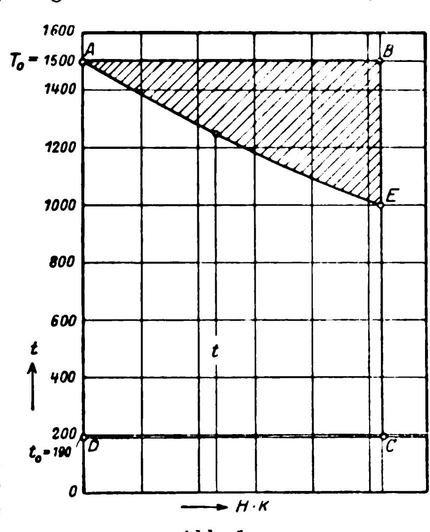


Abb. 1.

Wärmeübertragung im Langkessel.

Bei der Wärmeübertragung durch die Rohrheizflächen des Langkessels hindurch an das Kesselwasser benutzt der Verfasser den Ausdruck:

$$Q = k . H (t_m - t_o)$$

ohne anzugeben, wie er t_m bestimmt.

Bei der Wärmeübertragung durch die Überhitzerrohre hindurch an den Dampf setzt Verfasser:

$$Q = k . H . \tau,$$

worin τ den mittleren Temperaturunterschied zwischen Heizgas und Dampf bedeutet und führt für τ zunächst — angenähert richtig — den Ausdruck:

$$\tau = \frac{t_1 - t_2}{\ln \left\{ \frac{t_1 - \frac{t_u + t_o}{2}}{t_2 - \frac{t_u + t_o}{2}} \right\}}$$

ein, worin t_1 und t_2 die Heizgastemperaturen beim Eintritt in den und beim Austritt aus dem Überhitzer und t_u die Heifsdampftemperatur bedeuten, vereinfacht dann aber diesen Ausdruck durch Reihenentwicklung mit Vernachlässigung wich-

tiger Glieder so, dafs er gänzlich unbrauchbar wird. Denn der so gewonnene Ausdruck: $\tau = \text{const.} - \frac{t_u}{2}$ stellt die Gleichung einer Geraden dar, die ganz erheblich von der wirklichen τ-Kurve abweicht, wie auch ein Blick auf die Abb. 41 des Verfassers, die hier als Abb. 2 wiederholt ist, zeigt. Der angegebene Näherungsausdruck

$$\tau = \frac{t_1 + t_2 - t_o - t_u}{2} = \frac{t_1 + t_2}{2} - \frac{t_o + t_u}{2}$$

ist weiter nichts wie der Unterschied der arithmetischen Mittelwerte der Temperaturen des wärmeabgebenden und wärmeaufnehmenden Mediums, setzt also, sehr stark von der Wirklichkeit abweichend, gradlinigen Verlauf der Temperaturen über

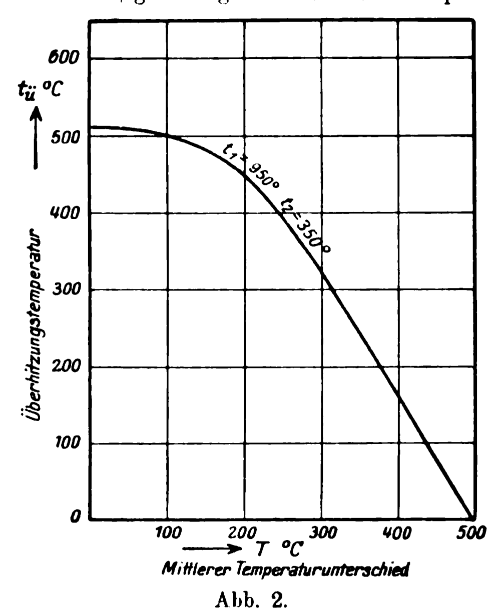


Abb. 2.

die Rohrlängen hin voraus, verwischt völlig die Eigentümlichkeiten des untersuchten Falles. Der Verfasser verwendet diesen Näherungsausdruck auch tatsächlich gar nicht, wenn es auch aus seinem Text nicht klar hervorgeht.

Wärmedurchgangszahl.

Nun zu der Wärmedurchgangszahl k bzw. $K = \varkappa + k$, worin

$\varkappa$ die Wärmedurchgangszahl bei Strahlung allein,
k die Wärmedurchgangszahl bei Berührung und Leitung (die vom Verfasser ausgelassen wird) bedeuten.

Für $\varkappa$ führt Verfasser den ungenauen Rosettischen Ausdruck ein

$$\varkappa = C \cdot \varphi \left\{ \left(\frac{T_o + 273}{100} \right)^2 - 10 \right\},$$

— übrigens noch falsch geschrieben, — der zu grofse Werte gibt. Richtiger ist der von Stephan und Boltzmann. Dafs der Faktor C in der Rosettischen Gleichung für K proportional $\frac{H_F}{R}$ ist, brauchte der Verfasser nicht mehr zu beweisen, weil es längst bekannt ist, z. B. bei Brückmann, »Heifsdampflokomotiven« steht.

Für α_{1F}, die Wärmeübergangszahl zwischen den Heizgasen und der Feuerbüchsenwand, gibt Verfasser die Mollier sche Formel an:

$$\alpha_{1F} = 2 + 2\sqrt{\frac{B}{R}}.$$

Durch B soll die Gasgeschwindigkeit w erfafst werden, die durch die stündlich auf 1 m² Rostfläche erzeugte Heizgasmenge bestimmt ist. Diese aber ist bei verschiedenem Heizwert h, womit im Lokomotivbetriebe doch gerechnet werden mufs, nicht proportional $\frac{B}{R}$, sondern ungefähr proportional $\frac{B \cdot h}{R}$. Jener Ausdruck kann also nur bei einem bestimmten h ungefähr richtig sein. Ist h_o derjenige Heizwert, für den Mollier seine Formel aufgestellt hat, so ist für ein beliebiges h richtiger der folgende Ausdruck:

$$\alpha_{1F} = 2 + \frac{2}{\sqrt{h_o}} \sqrt{\frac{Bh}{R}}.$$

Das gesuchte k setzt Verfasser nun gleich α_{1F}, was ja angenähert richtig ist.

Für die Wärmeübergangszahl zwischen den Heizgasen und den Rohrwänden des Langkessels verwendet Verfasser den Holmboeschen Ausdruck:

$$\alpha_{1R} = 2 + 5{,}5 \sqrt[1{,}8]{w \cdot \gamma} = 2 + 5{,}5 \sqrt[1{,}8]{\frac{G}{3600\, q}},$$

worin G das Heizgasgewicht in kg, das stündlich durch einen bestimmten Rohrquerschnitt q in m² strömt, γ das spezifische Gewicht des Heizgases in kg/m³ bedeutet und w, die Gasgeschwindigkeit, in m/Sek. gemessen, ist. Diese Holmboesche Formel ist nicht unmittelbar experimentell gewonnen oder theoretisch begründet, sondern dem Ergebnis von Versuchen unter andern Bedingungen mit andern Stoffen angeglichen (s. Holmboe D. p. J. 1910). Sie stimmt nicht überein mit dem Ergebnis sorgfältiger Nusseltscher, Strahlscher und anderer neuerer Versuche mit Bedingungen und Stoffen ähnlich den vorliegenden (s. Nusselt, Z. V. d. I. 1917, S. 685). Nach Holmboe ändert sich α_{1R} über die ganze Rohrlänge hin nicht, denn $w \cdot \gamma$ oder $\frac{G}{q}$ ist innerhalb eines Rohres konstant, während es nach den angegebenen neueren Versuchen vom Rohreintritt zum Rohraustritt hin stark abfällt, also nicht, wie der Verfasser behauptet, »unabhängig von den einzelnen Temperaturunterschieden der Heizgase in den Rohren«, nicht »lediglich abhängig von dem Verhältnis des Rohrquerschnittes zum Heizgasgewicht« ist. Das ist für die weitere Berechnung sehr wichtig.

Temperaturabfall in den Heizrohren.

Trotz dieser unhaltbaren vereinfachenden Annahme eines über die Langkesselrohrlänge unveränderlichen α_{1R} bzw. k behauptet der Verfasser, dafs »der Verlauf des Temperaturabfalls in den Heizrohren nicht bekannt« sei, — soll wohl heifsen: durch einen einzigen mathematischen Ausdruck nicht darstellbar sei — und zwar, weil »die spezifische Wärme des Heizgases c veränderlich und abhängig von der zu einer möglichst vollkommenen Verbrennung erforderlichen Luftmenge, von dem vorhandenen Luftüberschufs und von der Zusammensetzung des Brennstoffes« sei. Tatsächlich ist c aufser von dieser Zusammensetzung und dem tatsächlich vorhandenen Luftüberschufs vor allem von der Temperatur der Feuergase abhängig. Da er sich innerhalb der hier vorliegenden Temperaturgrenzen ziemlich gradlinig mit der Temperatur des Gases und aufserdem nur sehr wenig mit ihr ändert — bei 100° Temperaturänderung ungefähr um 0,7% —, so kann man seine Veränderlichkeit im Rohr hinreichend genau durch einen Mittelwert c_m als das arithmetische Mittel der wirklichen spezifischen Wärme c am Anfang und am Ende des Rohres, unter Schätzung der Gasendtemperatur im Rohre, erfassen und für die gesuchte Beziehung zwischen Rohrheizfläche und Heizgastemperatur im Rohr bei vorläufiger Annahme eines unveränderlichen mittleren k_m den bekannten Ausdruck anwenden:

$$H = \frac{c_m \cdot G}{k_m} \ln \frac{t_e - t_o}{t_a - t_o},$$

worin G die die Heizfläche H in der Stunde bestreichende Heizgasmenge in kg, t_e und t_a die Anfangs- und Endtemperaturen der Heizgase in den Rohren bedeuten

Wirkliche Schwierigkeiten macht dagegen die mathematische Erfassung des tatsächlich stark über die Rohrlänge hin veränderlichen k. Strahl hat einen Weg zu ihrer Lösung gewiesen (V. d. I. 1917), der mit kleinen nicht das Wesen betreffenden Korrekturen zum Ziel führen dürfte. Der Verfasser geht aber diesen Weg nicht, sondern stellt nach Brückmann für H den Ausdruck auf:

$$H = \frac{G}{k} \sum_{t_e}^{t_a} \frac{c_{m_1} \cdot t_1 - c_{m_2} \cdot t_2}{t_m - t_o},$$

worin $(t_1 - t_2)$ kleine Temperaturstufen in dem Bereich $(t_e - t_a)$ mit dem jedesmaligen Mittelwert t_m sind und $k = \sim \alpha_{1R}$ nach Holmboe eine Funktion von $\frac{G}{q}$ ist. Weiter schreibt er:

$$\frac{H}{q} = \frac{4\,l}{d} = \frac{1}{k\frac{q}{G}} \sum_{t_e}^{t_a} \frac{c_{m_1} \cdot t_1 - c_{m_2}\, t_2}{t_m - t_o},$$

worin l und d Länge und inneren Durchmesser der Rohre bedeuten und bezeichnet

$$\frac{1}{k \cdot \frac{q}{G}} = f\left(\frac{G}{q}\right) \text{ als »Wärmeübertragungswert« U,}$$

$$\sum_{t_e}^{t_a} \frac{c_{m_1} \cdot t_1 - c_{m_2}\, t_2}{t_m - t_o} \text{ als »mittleren Wärmewert« W,}$$

der also die Wärmemenge ist, die von 1 kg Heizgas für 1° mittleren Temperaturunterschieds von den Heizgasen an das Kesselwasser abgegeben werden kann, der aber nicht, wie Verfasser definiert, »der Wärmemenge entspricht, die bei mittlerem Temperaturunterschied von den Heizgasen an das Kesselwasser abgegeben werden kann«.

U und W werden dann vom Verfasser ermittelt, U sehr einfach als $f\left(\frac{G}{q}\right)$, $W = \frac{c_{m_e}\, t_e - c_{m_a} \cdot t_a}{t'_m - t_o}$ umständlich durch Summation von $\frac{c_{m_1} \cdot t_1 - c_{m_2} \cdot t_2}{t_m - t_o}$ der einzelnen Temperaturstufen. Dabei hält der Verfasser t_m und t'_m nicht auseinander, die doch etwas ganz verschiedenes bedeuten, t_m die — jedesmal[1)] angenommene — Heizgasmitteltemperatur jeder Stufe $(t_1 - t_2)$, t'_m dagegen die errechnete Heizgasmitteltemperatur zwischen t_e und t_a, für die in Wirklichkeit der bekannte Ausdruck besteht:

$$t'_m = t_o + \frac{t_e - t_a}{\ln \frac{t_e - t_o}{t_a - t_o}}.$$

Wärmeübertragung durch die Rauchrohr- und Überhitzerheizflächen.

U und W werden weiterhin vom Verfasser auf alle im Lokomotivkessel vorkommenden Wärmeübertragungen angewandt. So leitet er zur Ermittlung der Wärmeübertragung durch die Rauchrohr- und Überhitzerheizflächen an das Kesselwasser und an den Dampf zunächst einen Ausdruck für W, das hier mit W_m bezeichnet sei, ab. W_m ist nach obiger Definition also diejenige Wärmemenge, die von 1 kg Heizgas für 1° mittleren Temperaturunterschieds zwischen den Heizgasen einerseits, dem Kesselwasser und dem Dampf im Überhitzer andererseits an das Kesselwasser und an den Dampf an der Rauchrohr- und an der Überhitzerheizfläche abgegeben wird. Zur Bestimmung von W_m ist eine Zerlegung der Gesamtwärmeabgabe in die auf die Rauchrohr- und die Überhitzerfläche H_1 und H_2 entfallenden beiden Bestandteile nicht zu umgehen, schon weil an beiden Flächen verschiedene Temperaturen des aufnehmenden Stoffes Wasser und Dampf bestehen. Demgemäfs zerlegt auch der Verfasser W_m in W_1 und W_2. Er setzt ohne weiteres $W_m = \frac{W_1 + W_2}{2}$ mit $W_1 = \frac{H_1 \cdot k_1}{\frac{G}{2}}$, $W_2 = \frac{H_2 \cdot k_2}{\frac{G}{2}}$, worin G die ganze stündlich durch das ganze Rauchrohrnetz strömende Gasgewichtsmenge in kg bedeutet, ohne etwas über die Zulässigkeit und Genauigkeit dieser Setzung zu sagen. Tatsächlich ergibt sich angenähert:

$$W_m \cdot \frac{G}{k_m} = H_1 + H_2 = \frac{G_1}{k_1} \frac{c_{m_e} \cdot t_e - c_{m_{a_1}} \cdot t_{a_1}}{t'_m - t_o} + \frac{G_2}{k_2} \frac{c_{m_e} \cdot t_e - c_{m_{a_2}} \cdot t_{a_2}}{\tau},$$

$$\text{also } W_m = \frac{H_1 + H_2}{G} \cdot k_m =$$

$$= \frac{k_m}{G}\left(\frac{G_1}{k_1} \frac{c_{m_e} \cdot t_e - c_{m_{a_1}} \cdot t_{a_1}}{t'_m - t_o} + \frac{G_2}{k_2} \frac{c_{m_e} \cdot t_e - c_{m_{a_2}} \cdot t_{a_2}}{\tau}\right).$$

In diesen Gleichungen bedeuten:

G_1 die H_1 beheizende stündliche Gasmenge,

G_2 die H_2 beheizende stündliche Gasmenge,

so dafs $G_1 + G_2 = G$,

k_m einen Mittelwert von k_1 und k_2,

t_{a_1} und t_{a_2} gedachte Austrittstemperaturen der Heizgase an der Rauchrohrwand bzw. am Überhitzer, die auftreten würden, wenn G_1 und G_2 voneinander isoliert wären, also kein Wärmeaustausch zwischen ihnen aufträte, was ja in Wirklichkeit nie zutrifft. Die wirklichen Austrittstemperaturen dürften diesen gedachten nahe liegen; sie lassen sich vorläufig rechnerisch wohl kaum genau erfassen,

t_e die Temperatur der Heizgase beim Eintritt in den vom Überhitzer besetzten Teil der Rauchrohre,

τ den mittleren Temperaturunterschied zwischen Heizgasen und Dampf des Überhitzers.

Wenn der Verfasser an Stelle dieses Ausdrucks ableitet:

$$W_m = \frac{W_1 + W_2}{2} = \frac{H_1 \cdot k_1}{G} + \frac{H_2 \cdot k_2}{G} =$$

$$= \frac{c_{m_e} \cdot t_e - c_{m_a} \cdot t_a}{2}\left(\frac{1}{t'_m - t_o} + \frac{1}{\tau}\right),$$

so macht er damit stillschweigend folgende Voraussetzungen:

1. $G_1 = G_2 = \frac{G}{2}$, also $q_1 = q_2 = \frac{q}{2}$,
2. $t_{a_1} = t_{a_2} = t_a$,
3. $k_1 = k_2 = k_m$.

Zu 1. In der Ableitung des Verfassers wird diese Voraussetzung verschleiert, indem fälschlich gesetzt wird:

$\frac{H_1}{q} = U_1 \cdot W_1$ statt $\frac{H_1}{\frac{q}{2}} = U_1 \cdot W_1$; wäre $\frac{H_1}{q} = U_1 \cdot W_1$ richtig, so würde sich durch Einsetzen des vom Verfasser vorher aufgestellten richtigen Ausdrucks $U_1 = \frac{1}{k_1 \cdot \frac{q}{G}}$ in $\frac{H_1}{q} = U_1 \cdot W_1$ ergeben: $\frac{H_1}{q} = \frac{1}{k_1 \cdot \frac{q}{G}} \cdot W_1$ oder $W_1 = \frac{H_1}{q} \cdot k_1 \cdot \frac{q}{G} = \frac{H_1 \cdot k_1}{G}$, während Verfasser $W_1 = \frac{H_1 \cdot k_1}{\frac{G}{2}}$ ableitet! Das Verhältnis $\frac{G_1}{G_2}$ ist vor allem abhängig von der Gröfse und Form von H_1 und H_2; $G_1 = G_2$ trifft beim Grofsrohrüberhitzer wohl einigermafsen, beim Kleinrohrüberhitzer aber gar nicht zu; hier dürfte im Mittel etwa $G_1 = 2 \cdot G_2$ zu rechnen sein.

Zu 2. Die *gedachten* Temperaturen t_{a_1} und t_{a_2} dürften im allgemeinen nicht gleich sein, weil der Wärmeübergang an beiden Heizflächen H_1 und H_2 immer verschieden ist. Nimmt man ein *wirkliches* über den ganzen Querschnitt gleiches t_a an, so ist dieses etwa gleich $\frac{t_{a_1} + t_{a_2}}{2}$ zu setzen. Ob im ganzen Rauchrohrquerschnitt die gleiche Austrittstemperatur t_a auftritt, oder tatsächlich ein Unterschied zwischen der Austrittstemperatur der Gase an der Rauchrohrwand und am Überhitzer besteht, hängt ab vom Mafs der Wirbelung, von der Form des freien Gasquerschnitts und von der Gröfse der Differenz $t_{a_1} - t_{a_2}$. Diese Frage bedarf noch experimenteller Klärung.

Zu 3). $k_1 = k_2 = k_m$ ist nie vorhanden, weil das α_2 des Dampfes im Überhitzer stets viel kleiner als das des Wassers im Kessel ist (etwa $^1/_{10}$). Der Fehler ist allerdings nicht grofs, k_2 kann ziemlich allgemein etwa 0,9 k_1 gesetzt werden. k_m ist etwa $= (k_1 + k_2)\frac{1}{2}$ zu setzen.

Die Voraussetzungen 1. und 2. des Verfassers führen zu $Q_1 = (c_{m_e} \cdot t_e - c_{m_a} \cdot t_a)\frac{G}{2} = Q_2$, was in der Folge von ihm nicht beachtet ist, was ja auch *durchaus nicht* zutrifft. Zur genaueren Bestimmung von Q_1 und Q_2 nach seiner Gleichung sind notwendig die *gedachten* Temperaturen t_{a_1} und t_{a_2} einzuführen.

Die genannten Voraussetzungen hätten wenigstens als solche angegeben werden müssen. Sie werden aber vollkommen stillschweigend gemacht. Ihre Erörterung zeigt, dafs der Ausdruck des Verfassers $W_m = \frac{W_1 + W_2}{2} = \frac{H_1 \cdot k_1}{G} + \frac{H_2 \cdot k_2}{G}$ nur eine grobe Annäherung an die wirklichen Verhältnisse darstellt.

In des Verfassers Ausdruck für W_m sind nun alle Werte bekannt bis auf τ. Zu dessen Bestimmung setzt er $\tau = t_ü$, der Heifsdampftemperatur, auf den späteren Beweis der Richtigkeit dieser Gleichsetzung verweisend, ermittelt τ aus der bekannten Beziehung:

$$\tau = \frac{t_e - t_{a_2}}{\ln \frac{t_e - \frac{t_ü + t_o}{2}}{t_{a_2} - \frac{t_ü + t_o}{2}}}, \quad \ldots \ldots \quad 1)$$

— also unter Annahme einer über die Überhitzerlänge unveränderten *mittleren* Dampftemperatur —, worin er, wie gesagt, $t_ü = \tau$ und $t_{a_2} = t_a$ setzt, so dafs dann τ nur von t_e und t_a abhängig erscheint, und bestimmt so W_m. Dies W_m stellt er dann für verschiedenes t_e in Abhängigkeit von t_a graphisch dar. Tatsächlich ist aber die *Gleichsetzung von τ und $t_ü$ vollkommen unbegründet*, ist also nach Gleichung 1) τ nicht nur von t_e und t_a, wie Verfasser behauptet, sondern aufserdem von $t_ü$ abhängig, das noch zu bestimmen ist. Zu dessen Bestimmung steht die weitere Beziehung zur Verfügung:

$$Q_2 = D \cdot c_{m_D} \cdot (t_ü - t_o) = (c_{m_e} \cdot t_e - c_{m_{a_2}} \cdot t_{a_2})\, G_2, \quad . \, . \quad 2)$$

worin D die den Überhitzer stündlich durchstreichende Dampfmenge in kg, c_{m_D} die mittlere spezifische Wärme des Heifsdampfes im Überhitzer bezeichnet, c_{m_D} sich hinreichend genau schätzen läfst, weil es sich nur wenig mit $t_ü$ ändert. Diese Gleichung zeigt, dafs $t_ü$ bei festliegendem t_e und t_{a_2} mafsgebend bestimmt wird durch $\frac{G_2}{D}$, derart, dafs $(t_ü - t_o)$ sich annähernd proportional $\frac{G_2}{D}$ ändert. Man kann also gar nicht allgemein W_m oder annähernd $(W_1 + W_2)\frac{1}{2}$ als Funktion von t_e und $t_{a_2} = \sim t_a$ bestimmen ohne Kenntnis des Verhältnisses $\frac{G_2}{D}$, also des Gasgewichts am Überhitzer zum Dampfgewicht im Überhitzer. Da Verfasser dies Verhältnis vollkommen vernachlässigt, stimmt seine Berechnung von W_m nur für $\tau = t_ü$, d. h. für ganz bestimmte und mit W_m veränderliche Verhältnisse $\frac{G_2}{D}$, die z. T. weit von den im Lokomotivkessel wirklich vorkommenden abweichen, wie weiter unten gezeigt werden wird.

Zu seinem Irrtum $\tau = t_ü$ kommt der Verfasser auf folgende Weise: Er nimmt in Gleichung 1) ohne weiteres t_a bei verschiedenem $t_ü$ unveränderlich an, während es sich tatsächlich nach Gleichung 2) ändert und schliefst nun in folgender Weise: Da τ für die im Überhitzer ausgetauschte Wärme mafsgebend ist, diese ausgetauschte Wärme bei möglichst kleinem H_2 möglichst grofse Wärmeübertragung bei guter Überhitzung gewährleisten soll und τ und $t_ü$ einander (nach Gleichung 1) gegenseitig beeinflussen, so ist gröfstmögliches τ bei gröfstmöglichem $t_ü$ anzustreben und das wird nur erreicht bei $\tau = t_ü$. Dagegen ist zu sagen: Erstens ist nicht τ, sondern $k_2 \cdot \tau$ für die auf 1 m² H_2 stündlich ausgetauschte Wärmemenge mafsgebend, — weil $Q_2 = k_2 \cdot \tau \cdot H_2$ —; k_2 aber ist wesentlich durch die Gasgeschwindigkeit, also G_2 bestimmt. Zweitens kommt es nicht nur auf gröfstmöglichen Wärmeaustausch, sondern auf möglichst grofsen Wärmeaustausch *unter nicht allzu hoher Steigerung von t_a* mit Rücksicht auf den mit wachsendem t_a zunehmenden Abgasverlust an. Drittens sind τ und $t_ü$ nur bei unveränderlichen t_e und t_a eindeutig durcheinander bestimmt und müfste, damit t_a, — genauer t_{a_2} —, unveränderlich bleiben kann, nach Gleichung 2) $\frac{G_2}{D}$ ungefähr proportional der Überhitzung $(t_ü - t_o)$ zu nehmen, während es in Wirklichkeit ziemlich unverändert bleibt, also t_a mit wachsendem $t_ü$ sinkt, mithin τ und $t_ü$ nicht eindeutig durcheinander bestimmt sind. So ist die Forderung: möglichst grofses τ bei möglichst grofsem $t_ü$ nicht haltbar. Selbst wenn man diese Forderung und die feste Abhängigkeit zwischen $t_ü$ und τ nach Abb. 2, — einer Wiederholung von Abb. 41 des Verfassers — gelten liefse, könnte man daraus noch nicht schliefsen, dafs diese Forderung nur bei $\tau = t_ü$ erfüllt würde. Da nun sowohl jene Forderung unbegründet ist als auch diese feste Abhängigkeit nicht besteht, hat es gar keinen Sinn, $\tau = t_ü$ der weiteren Rechnung zugrunde zu legen, wie Verfasser es tut.

Zu welchen ganz merkwürdigen Beziehungen die Vernachlässigung von $\frac{G_2}{D}$ und der Veränderlichkeit von t_a führt, zeigt deutlich Abb. 2. Hier wird $t_{ü_{max}}$, d. h. die gröfste Überhitzung mit $\tau = 0$, also $Q_2 = 0$, erreicht und bei τ_{max}, also $Q_{2_{max}}$ ist $t_ü = 0$! Das kommt daher, dafs dem $\tau = 0$, $t_ü = t_{ü_{max}}$ ein $D = 0$, also $\frac{G_2}{D} = \infty$ entspricht, dem $\tau = \tau_{max}$, $t_ü = 0$ dagegen ein $D = \infty$, $\frac{G_2}{D} = 0$!, also Verhältnisse von $\frac{G_2}{D}$, die niemals vorkommen.

Tatsächlich angenähert bestimmen läfst sich $t_ü$ aus der Verbindung von Gleichung 2) mit dem bekannten Ausdruck:

$$H_2 = \frac{G_2}{k_2} \cdot c_m \cdot \ln \frac{t_e - \frac{t_ü + t_o}{2}}{t_{a_2} - \frac{t_ü + t_o}{2}}, \quad \ldots \ldots \quad 3)$$

worin c_m das arithmetische Mittel der *wirklichen* spezifischen Wärmen des Heizgases für $t = t_e$ und für $t = t_{a_2}$ bedeutet, das

wegen seiner geringen Veränderlichkeit mit t hinreichend genau geschätzt werden kann. Setzt man in diesen Ausdruck:

$$\frac{tü + to}{2} = \frac{c_m}{c_{m_D}} \frac{G_2}{D} \frac{t_e - t_{a_2}}{2} + to$$

aus Gleichung 2) ein, so erhält man:

$$H_2 \cdot \frac{k_2}{G_2 \cdot c_m} = \ln \frac{t_e - t_o - \frac{c_m}{c_{m_D}} \frac{G_2}{D} \frac{t_e - t_{a_2}}{2}}{t_{a_2} - t_o - \frac{c_m}{c_{m_D}} \frac{G_2}{D} \frac{t_e - t_{a_2}}{2}} \quad . \quad . \quad 4)$$

oder, angenähert, auf dem Boden des Verfassers

$$\frac{1}{c_m} \frac{H_2 \cdot k_2 + H_1 \cdot k_1}{G} = \frac{1}{c_m} \frac{W_1 + W_2}{2} = $$

$$= \ln \frac{t_e - t_o - \frac{c_m}{c_{m_D}} \cdot \frac{G}{2D} \frac{t_e - t_a}{2}}{t_a - t_o - \frac{c_m}{c_{m_D}} \cdot \frac{G}{2D} \frac{t_e - t_a}{2}} \quad . \quad . \quad . \quad 4a)$$

Mit diesem Ausdruck 4a) soll hier weitergerechnet werden. Für irgend ein $G_2 : D$ und t_e erhält man dann aus 4a) t_a und weiter durch Einsetzen von diesem in Gleichung 2) unter Gleichsetzen von t_{a_2} und t_a: . . . . $t_ü$. Danach ist in Wirklichkeit grofses t_e, grofses k_2 und grofses G_2 anzustreben, aber zu berücksichtigen, dafs Wachsen von G_2 bei gegebener Gesamtgasmenge eine Verminderung der die Verdampfungsheizflächen bestreichenden Gasmenge, mithin der erzeugten Dampfmenge D und ein geringes Ansteigen von t_a, also Verringerung des Kesselwirkungsgrades, zur Folge hat. Näher darauf einzugehen, ist hier nicht der Ort.

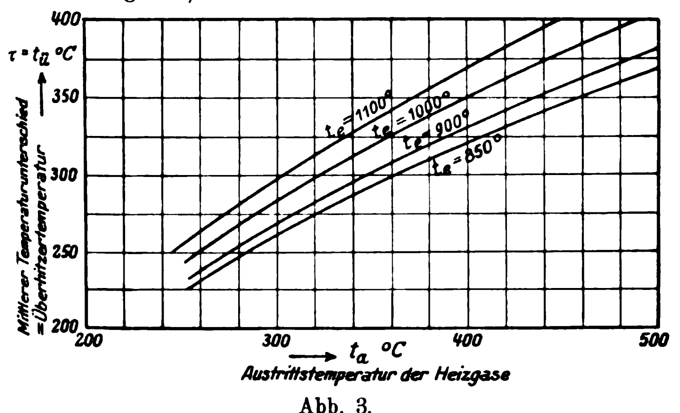


Abb. 3.

Abb. 42 des Verfassers, hier als Abb. 3 wiedergegeben, die $t_ü$ als Funktion von t_e und t_a unter der Voraussetzung $t_ü = \tau$ dargestellt, gilt also auch nur für stark veränderliches $\frac{G_2}{D}$! In der folgenden Übersicht 1 sind die einigen zusammengehörigen t_e-, t_a- und $t_ü$-Werten der Abb. 42 (3) entsprechenden Werte von $\frac{G_2}{D}$ zusammengestellt; dabei ist $t_o = 190^0$ angenommen und $t_{a_2} = t_a$ gesetzt. $\frac{G_2}{D}$ schwankt also in sehr starkem Mafse und wird bei hohem $t_ü$ sehr grofs; es ist nicht richtig, dafs »die Schaulinien der Abb. 42 erkennen lassen, dafs bei gegebenen Eintrittstemperaturen t_e möglichst hohe Austrittstemperaturen t_a auf die Höhe der Dampfüberhitzung $t_ü$ von ausschlaggebender Bedeutung sind«, sondern die hohe Überhitzung wird bei hoher Austrittstemperatur nur erreicht durch das hohe $\frac{G2}{D}$, z. B. $t_ü = 350^0$ bei $t_e = 900^0$, $t_a = 435^0$ bei $\frac{G_2}{D} = 0,80$, was in Wirklichkeit nie erreicht wird! An sich, bei unverändertem $\frac{G_2}{D}$, t_e und t_o senkt ein Anwachsen der Austrittstemperaturen t_a die Überhitzungstemperatur $t_ü$, wie aus Gleichung 2) ohne weiteres hervorgeht. Hiernach ergeben sich z. B. für $t_e = 900^0$ und unverändertes $\frac{G_2}{D} = 0,46$ die mit $t'_ü$ in der Übersicht 1 bezeichneten Überhitzungstemperaturen.

Übersicht 1.

		$t_ü$	250°	300°	325°	350°	400°
$t_e = 900^0$		t_a	275°	348°	390°	435°	
		$\frac{G_2}{D}$	0,22	0,46	0,61	0,80	
		$t_ü'$	315°	300°	292°	283°	
$t_e = 1000^0$		t_a	260°	323°	360°	400°	470°
		$\frac{G_2}{D}$	0,19	0,37	0,49	0,61	0,91
$t_e = 1100^0$		t_a	245°	304°	338°	372°	450°
		$\frac{G_2}{D}$	0,16	0,32	0,41	0,51	0,75

Heifsdampftemperatur.

Die Folgen dieses Fehlers zeigen sich zunächst bei des Verfassers Ermittlung der Heifsdampftemperaturen $t_ü$ für ein gegebenes Rauchrohr mit Überhitzer bei festliegendem $t_e = 1000^0$ und verschiedenem das Rauchrohr stündlich durchstreichenden Gasgewicht G. Der Verfasser setzt zunächst wieder $W_m = \frac{1}{G}(H_1 \cdot k_1 + H_2 \cdot k_2)$, bestimmt dann t_a aus der oben erwähnten bildlichen Darstellung von W_m als Funktion von t_a und schliefslich $t_ü$ aus Gleichung 1) mit $\tau = t_ü$ bzw. aus Abb. 3 (42). Da jene bildliche Darstellung von W_m und Abb. 3 (42) nur für $\tau = t_ü$, also, wie oben ausgeführt und in Übersicht 1 zahlenmäfsig angegeben, nur für ein $\frac{G}{D}$ bzw. G, das sich in bestimmtem Zusammenhang mit t_e, t_a und $t_ü$ ändert, gilt, so ist von vornherein nicht zu erwarten, dafs diejenigen t_a und $t_ü$, die Verfasser für verschiedene willkürliche Annahmen von G berechnet, richtig sind. Zur Bestimmung der Fehlergröfse müssen wir ein Mafs von D, worüber der Verfasser keine Angaben macht, annehmen; und dies D sei als unveränderlich angesehen. Bei Zugrundelegung der Zahlenwerte des Verfassers für $G = 2G_2 = 300$ kg/Std. für ein Rauchrohr, $t_{a_2} = t_a = 371^0$, $t_ü = 332^0$, $t_e = 1000^0$ und $t_o = 190^0$ erhält man aus Gleichung 2) ein $D = 283$ kg/Std. also $\frac{G_2}{D} = 0,53$, das als ziemlich normal angesehen werden kann und der folgenden Rechnung zugrundegelegt werden soll. Nach Gleichung 2) mufs nun bei Änderung von Q_2 auf Q'_2, G_2 auf G'_2, D auf D', $t_ü$ auf $t'_ü$, t_a auf t'_a das Verhältnis bestehen:

$$\frac{Q_2}{Q'_2} = \frac{D \cdot c_{m_D} \, (t_ü - t_o)}{D' c'_{m_D} \, (t'_ü - t_o)} = \frac{G_2 \left(c_{m_e} \cdot t_e - c_{m_{a_2}} \cdot t_{a_2}\right)}{G'_2 \left(c_{m_e} \cdot t_e - c'_{m_{a_2}} \cdot t'_{a_2}\right)};$$

c_{m_D} und c'_{m_D} können mit genügender Genauigkeit gleichgesetzt werden. Dann erhält man bei unverändertem stündlichem Dampfgewicht, also $D = D'$ und Gleichsetzung von t_{a_2} und t_a

$$\frac{t_ü - t_o}{t'_ü - t_o} = \frac{G_2 \, (c_{m_e} t_e - c_{m_a} t_a)}{G'_2 \, (c_{m_e} t_e - c'_{m_a} t'_a)} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 5)$$

Somit ergeben sich für unverändertes D und Anwachsen von

G von 300 kg auf 450 kg für t_a und $t_ü$ nach Gleichung 4a) und 5) die Werte der Spalten 3 und 4 der folgenden Übersicht 2, denen in den Spalten 5 und 6 die des Verfassers gegenübergestellt sind.

Übersicht 2.

Nr. der Spalte	1	2	3	4	5	6
Bezeichnung	G	$\frac{G_2}{D} = \frac{G}{2D}$	t_a	$t_ü$	t_a	$t_ü$
Einheit	$\frac{kg}{Std.}$	—	⁰C	⁰C	C⁰	C⁰
	300	0,55	385	329	371	332
	350	0,61	393	350	384	340
	400	0,70	402	370	395	346
	450	0,78	411	389	406	352

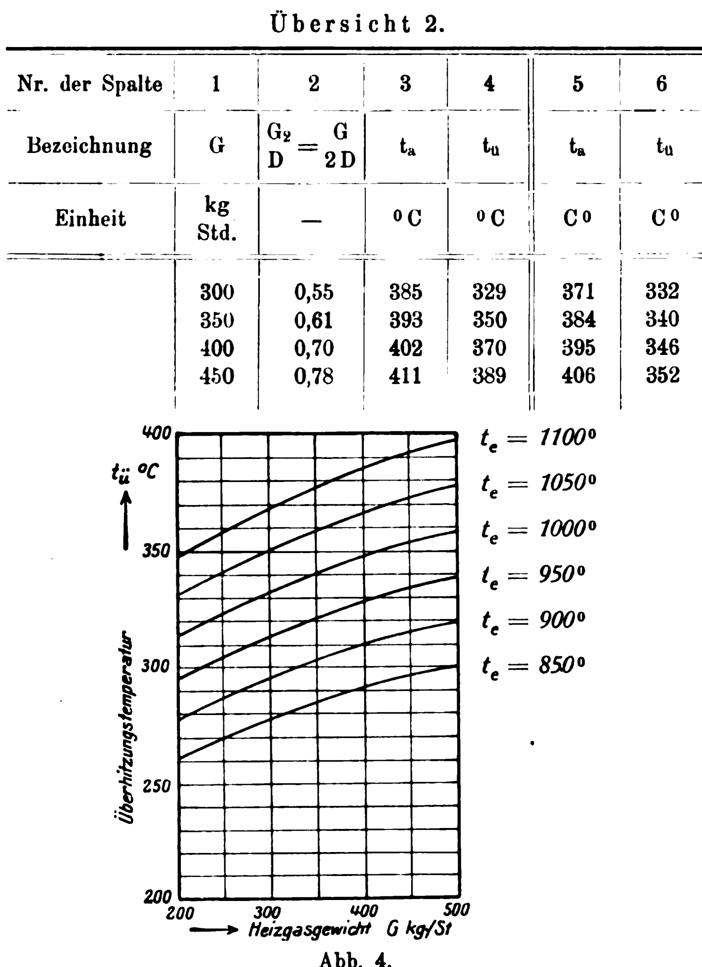


Abb. 4.

Die Steigerung von $t_ü$ ist also erheblich gröfser als nach der Rechnung des Verfassers. In Wirklichkeit kommen so hohe $t_ü$ nicht vor, weil $\frac{G_2}{D}$ nicht so hoch steigt, wie hier angegeben, da D bei so starkem Wachsen von G und G_2 auch wächst, während es hier als unververänderlich angesehen ist.

Aus dem gleichen Grunde ist falsch die Abb. 44 des Verfassers, hier wiedergegeben als Abb. 4, in der die $t_ü$ bei verschiedenem t_e über G = 200 ÷ 500 kg/Std. für den gleichen Überhitzer aufgetragen sind. Bei jedem G fällt die Änderung von $t_ü$ mit t_e nach Gleichung 4a) und 5) viel schwächer aus, z. B. ergibt sich bei G = 300 kg/Std. und unveränderlichem D

für ein t_e von 850°, 900°, 1000°, 1100°
etwa ein $t_ü$ von 306°, 314°, 329°, 346°
statt 268°, 296°, 332°, 368°;

die einzelnen Kurven liegen also viel dichter übereinander und steigen mit G oder G_2 viel stärker an.

Besonders verhängnisvoll wird die Vernachlässigung des Einflusses von $\frac{G_2}{D}$ auf $t_ü$ bei des Verfassers Bestimmung der Abhängigkeit der Temperatur $t_ü$ von verschiedenen Rauchrohr- und Überhitzerabmessungen unter Annahme eines unveränderlichen $\frac{G_2}{D}$ und t_e. Aus dieser Vernachlässigung erklärt sich zunächst sein Satz: »Besteht keine Möglichkeit genügender Erhöhung von t_e, so sind zur Erzielung guter Überhitzung entsprechend hohe t_a anzustreben«. Nein, Erhöhung von t_a allein bei vom Verfasser angenommenem unveränderlichem $\frac{G_2}{D}$ führt nicht zu Erhöhung, sondern zu Erniedrigung von $t_ü$, was nicht nur ein Blick auf Gleichung 2), sondern auch die einfache Überlegung sagt, da unveränderliches t_e, $\frac{G_2}{D}$ und wachsendes t_a eine Abnahme von Q_2 bedeutet, also Sinken von $t_ü$ zur Folge haben mufs. Nur, wenn das Steigen von t_a verursacht ist durch Zunahme von $\frac{G_2}{D}$, kann es zu Wachsen von $t_ü$ führen, wie wieder Gleichung 2) zusammen mit Gleichung 4a) erkennen läfst.

Verfasser berechnet t_a und $t_ü$ genau wie oben. Er untersucht unter Nr. 1 zunächst ein Rauchrohr mit Überhitzer, das sich von dem oben behandelten (Übersicht 2) nur durch eine etwas gröfsere Länge, also gröfsere H_1 und H_2 unterscheidet, ermittelt hierfür bei gleichbleibendem G = 400 kg/Std., aber jetzt festgelegtem $\frac{G_2}{D}$ erheblich kleinere t_a und $t_ü$ und erklärt das niedrigere $t_ü$ aus dem Sinken von t_a, also der weiteren Herunterkühlung der Heizgase. Das Sinken von t_a und $t_ü$ stimmt, es hat aber einen ganz anderen Grund, nämlich den eines sehr viel kleineren Verhältnisses $\frac{G_2}{D}$! Nach Gleichung 2) erhält man für des Verfassers Werte $t_e = 1000^0$, $t_a = 328^0$, $t_ü = 303^0$ ein $\frac{G_2}{D} = 0{,}39$, während dem oben behandelten kürzeren Rauchrohr nach Übersicht 2 ein $\frac{G_2}{D}$ von 0,70 zugehörte. Wegen dieser erheblich gröfseren verhältnismäfsigen stündlichen Dampfmenge mufs die erreichte Überhitzung stark sinken, nicht wegen, sondern trotz der gröfseren Heizfläche H_2. Legt man dieses $\frac{G_2}{D} = 0{,}39$ auch den übrigen vier hier vom Verfasser untersuchten Überhitzerformen zugrunde, so erhält man nach Gleichung 2) und 4a) die in Spalten 2 und 3 der folgenden Übersicht 3 angegebenen Werte, denen in Spalte 4 und 5 die Werte des Verfassers gegenübergestellt sind.

Übersicht 3.

Nr. der Spalte	1	2	3	4	5
Bezeichnung		t_a	$t_ü$	t_a	$t_ü$
Einheit		⁰C	⁰C	⁰C	⁰C
	1	342	301	328	303
	2	355	299	348	317
	3	354	299	346	318
	4	380	294	381	338
	5	396	292	404	351

Diese 4 weiter untersuchten Überhitzerformen unterscheiden sich durch folgende Merkmale von der ersten: Nr. 2 ÷ 5 haben Überhitzerrohre von kleinerem Durchmesser d, in Nr. 3 ist aufserdem das Überhitzerelement etwas näher an die Rohrwand herangerückt, also etwas länger, bei Nr. 4 ist aufser Verkleinerung von d der dritte und vierte Strang des Überhitzerelementes erheblich gekürzt. In Nr. 5 sind aufser Verringerung von d Rauchrohr und Überhitzerrohre um das gleiche Mafs gekürzt. Durch Verkleinerung von d erhöht man in Nr. 2 t_a von 342° auf 355° und senkt $t_ü$ etwas, von 301° auf 299°, weil H_2 und k_2 sinken, während beim Verfasser $t_ü$ steigen soll infolge von Steigen von t_a. Dabei ist aber ausdrücklich nach Verfasser vorausgesetzt, dafs $\frac{G_2}{D}$ unverändert bleibt. In Wirklichkeit hat ein

Verkleinern von d ein Steigen von $\frac{G_2}{D}$ und damit von $t_{ü}$ zur Folge. Die Veränderung von Nr. 3 gegenüber 2 hat fast keinen Einflufs auf $t_{ü}$. Das Abschneiden des dritten und vierten Strangs von Nr. 4 hat nicht Erhöhung, sondern eine geringe Verminderung von $t_{ü}$ zur Folge, die sich aus der Verkleinerung von H_2 und k_2 erklärt. Doch ist hier der Zahlenwert von $t_{ü}$ nicht ganz zuverlässig; in Wirklichkeit dürfte die Abnahme von $t_{ü}$ noch geringer sein, weil die weggeschnittene Heizfläche weniger wert ist als die stehengebliebene, unter Umständen sogar noch Wärme abgibt. Der Verfasser erklärt das vermeintliche Steigen von $t_{ü}$ trotz zugegebenen Sinkens von k_2 aus dem Steigen von t_a bei unverändertem $\frac{G_2}{D}$, das gerade ein Sinken hervorruft. Das Kürzen der Überhitzerrohre in Nr. 5, also Verkleinerung von H_2, hat eine **Abnahme** von $t_{ü}$ zur Folge bei Steigerung von t_a. Würde $t_{ü}$ hier wirklich, nach Verfasser, zunehmen, so würde man im Kürzen der Überhitzerrohre bei gleichbleibendem G_2 und D und unveränderlichem k_2, also Verringerung der Wärmeabgabe an den Überhitzer, ein äufserst wirtschaftliches Mittel zur beliebigen Steigerung der Überhitzung haben, würde um so höheres $t_{ü}$ bei gleicher Dampfmenge erhalten, je weniger Wärme der Überhitzer aufnimmt!! Der Verfasser sagt in diesem Sinne ausdrücklich: »Mit der Verkürzung der Rohre ist die Überhitzerheizfläche verkleinert worden und gleichzeitig eine Abnahme der übertragenen Wärmemenge eingetreten. Infolge geringerer Wärmeübertragung in den Rohren ist die Austrittstemperatur entsprechend gestiegen **und damit** auch die Höhe der Dampftemperatur«. Damit werden doch die Dinge auf den Kopf gestellt.

Bei einem späteren **Vergleich der Verdampfungsfähigkeit eines Sattdampf- und eines Heifsdampfkessels** mit verschiedenen Überhitzerformen trübt die Vernachlässigung des Verhältnisses $\frac{G}{D}$ und die Gleichsetzung von $t_{ü}$ und τ für die Berechnung von t_a und $t_{ü}$ natürlich das Ergebnis der Vergleichsrechnung sehr stark, weil die t_a und $t_{ü}$ der Überhitzerkessel falsch werden und damit auch die im ganzen und durch die einzelnen Heizflächen übertragenen stündlichen Wärmemengen. Besonders stark sind die Fehler beim Kleinrohrüberhitzer, weil hier das wirkliche $\frac{G_2}{D}$ noch sehr viel mehr von dem — unbewufst — der Rechnung des Verfassers zugrundeliegenden abweicht als beim gewöhnlichen Grofsrohrüberhitzer. Dafs im Kleinrohrüberhitzer zwei ganz verschiedene Gasaustrittstemperaturen in den beiden Rauchrohren eines Elementes auftreten, weil der Dampf in ihnen eine ganz verschiedene Temperatur hat, wird durch das Verfahren des Verfassers ebenfalls nicht erfafst. Das $t_{ü}$ dieses Überhitzers wird daher in Wirklichkeit viel gröfser, als er es berechnet. Nach seiner Berechnung ist die Wärmeübertragung durch die Überhitzerheizfläche beim Kleinrohrüberhitzer etwa 50 % gröfser als beim Grofsrohrüberhitzer und trotzdem $t_{ü}$ bei jenem niedriger als bei diesem, und ist weiter die jedem kg Dampf mitgeteilte Wärmemenge beim Kleinrohrüberhitzer ungefähr doppelt so grofs wie zu dessen Überhitzung erforderlich ist. Nachdem Verfasser die Berechnung von t_a und $t_{ü}$ ohne Berücksichtigung von $\frac{G_2}{D}$ durchgeführt hat, führt er für alle verglichenen Kessel gleiches D ein, also, da er vorher gleiches G angenommen hat, gleiches $\frac{G}{D}$. Dem entspricht ein ganz bestimmtes $\frac{G_2}{D}$ der verschiedenen verglichenen Überhitzer, während der Rechnung des Verfassers — allerdings wohl, ohne dafs er es weifs —, infolge der Gleichsetzung von τ und $t_{ü}$ ganz andere weit von der Wirklichkeit abweichende Verhältnisse von $\frac{G_2}{D}$ zugrunde liegen. Davon abgesehen geht es nicht an, bei einem Kleinrohr- und bei einem Grofsrohrüberhitzer $\frac{G}{D}$ gleich grofs zu nehmen.

(Schlufs folgt.)

Über die Leistungsfähigkeit der Ablaufanlagen von Flachbahnhöfen und Gefällsbahnhöfen.

Von Reichsbahnrat Dr. Ing. **Frohne**, Dresden.

Hierzu Tafel 27.

(Schlufs)

III. Der Einflufs der Zuglänge auf die Leistungsfähigkeit einer Ablaufanlage.

Bei den in den Abschnitten I und II durchgeführten Untersuchungen wurde, wie dies bei Leistungsberechnungen von Verschiebebahnhöfen im allgemeinen geschieht, mit einer durchschnittlichen Zuglänge von 120 Achsen gerechnet. Die ablaufenden Züge haben nun jedoch durchaus nich immer eine durchschnittliche Länge von 120 Achsen, sondern sind im wesentlichen kürzer. Nach der Wirtschaftsstatistik der Verschiebebahnhöfe beträgt die durchschnittliche Stärke der **Ausgangszüge** 76 Achsen. Berücksichtigt man, dafs auf den meisten Bahnhöfen die Packmeisterwagen und dringende Spitzenwagen nicht mit über den Ablaufberg gehen, so wird man die durchschnittliche Stärke der Ablaufzüge zu etwa 75 Achsen annehmen können.

Die Länge ablaufender Züge hat auf die Leistungsfähigkeit einer Ablaufanlage einen doppelten Einflufs. Einmal wird bei kurzen Zügen die Zahl der Zwischenzeiten gröfser, zum anderen haben nach eingehenden Untersuchungen kurze Züge unter sonst gleichen Voraussetzungen eine gröfsere durchschnittliche Achsfolgezeit im Ablauf als längere Züge, weil die bei jedem Ablauf eintretenden Anfangszeitverluste für Ingangbringen des Zuges sich auf weniger Achsen verteilen als bei stärkeren Zügen. Die hierüber durchgeführten Untersuchungen sollen jedoch im Rahmen dieser Arbeit nicht näher behandelt werden, da sie die Gesamtleistungsfähigkeit einer Ablaufanlage nicht in dem Umfange beeinflussen wie die Häufung der Zwischenzeiten.

Da die durchschnittliche Länge der ablaufenden Züge auf den verschiedenen Bahnhöfen verschieden ist, wurde in Zusammenstellung 4a) bis e) die Leistungsfähigkeit einer Ablaufanlage bei

a) 75 Wagen starken Zügen
b) 60 » » »
c) 45 » » »
d) 37,5 » » »
e) 30 » » »

errechnet, und zwar für Zuführungsgeschwindigkeiten von 0,3 bis 2,0 m/Sek., Zwischenzeiten von 0 bis 15 Min. und Annahme einer durchschnittlichen Wagenlänge von 9,50 m. Die errechneten Werte sind in den Abb. 1 bis 5 auf Taf. 27 zeichnerisch dargestellt.

Es zeigt sich, dafs die Leistungskurven bei den starken Zügen (75 Wagen) einen viel flacheren Verlauf haben als bei den schwächeren Zügen (z. B. 30 Wagen). Je kürzer also die Züge sind, um so mehr werden Bestrebungen vorhanden sein, die Zuführungsgeschwindigkeit und damit das ganze Arbeitstempo bei der Zugzerlegung zu steigern, da schon eine Erhöhung der Zuführungsgeschwindigkeit um $^1/_{10}$ m/Sek. eine merkbare Leistungssteigerung bringt.

Zusammenstellung 4. Stündliche Leistungsfähigkeit

a) Zugstärke = 75 Wagen (Abb. 1, Taf. 27).

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Lfde. Nr.																			
1	Zuführungsgeschwindigkeit in m/Sek.	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1.5	1,6	1,7	1,8	1,9	2.0
2	Ablaufdauer in Minuten	39,58	29,69	23,75	19,79	16,96	14,84	13,19	11,88	10,80	9,90	9,13	8,48	7,92	7,42	6,98	6,60	6,25	5.94
—	Zwischenzeiten in Minuten																		
3	0	1,52	2,02	2,53	3,03	3,54	4,04	4,55	5,05	5,56	6,06	6,57	7,08	7.58	8,09	8.60	9,09	9,60	10.10
4	1	1,48	1,96	2,42	2,89	3,34	3,79	4,23	4,66	5,08	5,50	5,92	6.33	6.73	7,13	7,52	7,89	8.28	8.65
5	2	1,44	1,89	2,33	2,75	3,16	3,56	3,95	4,32	4,69	5,04	5,39	5,73	6,05	6,37	6.68	6,98	7,27	7,56
6	3	1,41	1,84	2,24	2.63	3,01	3,36	3,71	4,03	4,35	4,65	4.95	5.23	5,49	5,76	6.01	6,25	6,49	6,71
7	4	1,38	1,78	2,16	2,52	2,86	3,18	3,49	3,78	4.05	4.32	4.57	4,81	5,03	5,25	5,46	5.66	5.85	6,04
8	5	1,35	1,73	2,09	2,42	2,73	3,02	3,30	3,55	3,80	4,03	4,25	4.45	4,64	4.83	5,01	5,17	5.33	5,48
9	6	1,32	1,68	2,02	2,33	2,61	2,88	3,13	3,36	3.57	3,77	3.97	4,14	4,31	4,47	4,62	4,76	4,90	5,03
10	7	1,29	1,64	1,95	2,24	2,50	2,75	2,97	3,18	3,37	3,55	3,72	3.88	4.02	4,16	4.29	4,41	4,53	4,64
11	8	1,26	1,59	1,89	2,16	2,40	2,63	2,83	3,02	3,19	3,35	3.50	3.64	3,77	3,89	4.01	4.11	4.21	4,30
12	9	1,24	1,55	1,83	2,08	2,31	2,52	2.70	2.87	3,03	3,17	3,31	3,43	3,55	3,65	3,75	3,85	3,93	4,02
13	10	1,21	1,51	1,78	2.01	2,23	2,42	2,59	2,74	2,88	3,02	3.14	3,25	3,35	3,44	3,53	3,61	3,69	3,76
14	11	1,19	1,47	1,73	1,95	2,15	2,32	2,48	2,62	2,75	2,87	2,98	3,08	3.17	3,26	3,34	3,41	3,48	3,54
15	12	1,16	1,44	1,68	1,89	2,07	2,24	2.38	2,51	2,63	2,74	2,84	2,93	3,01	3,09	3,16	3,23	3,29	3,34
16	13	1,14	1,41	1,63	1,83	2,00	2,16	2,29	2,41	2,52	2.62	2,71	2,79	2,87	2,94	3.00	3.06	3.12	3,17
17	14	1,12	1,37	1,59	1,78	1,94	2,08	2,21	2.32	2,42	2.51	2,59	2,67	2,74	2,80	2,86	2,91	2,96	3,01
18	15	1,10	1,34	1,55	1,72	1,88	2,01	2,13	2,23	2,33	2,41	2,49	2,56	2,62	2,68	2.73	2,78	2,82	2,87

b) Zugstärke = 60 Wagen. (Abb. 2, Taf. 27).

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Lfde. Nr.																			
1	Zuführungsgeschwindigkeit in m/Sek.	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2.0
2	Ablaufdauer in Minuten	31,67	23,75	19,00	15,83	13,57	11,88	10,56	9,50	8,64	7,92	7,31	6,79	6,33	5,94	5,59	5,28	5,00	4,75
—	Zwischenzeiten in Minuten																		
3	0	1,89	2,53	3,16	3,79	4,42	5,05	5,68	6,32	6.94	7,58	8,21	8,84	9,48	10,10	10,73	11,36	12,00	12.63
4	1	1,84	2,42	3,00	3,57	4,12	4,66	5,19	5,71	6,22	6,73	7,22	7,70	8,19	8,65	9,10	9,55	10,00	10.43
5	2	1,78	2,33	2,86	3,37	3,85	4,32	4,78	5,22	5,64	6,05	6,44	6,83	7,20	7,56	7,91	8,24	8,57	8,89
6	3	1,73	2,24	2,73	3,19	3,62	4,03	4.42	4,80	5,15	5,49	5,82	6,13	6,43	6,71	6,98	7,25	7,50	7.74
7	4	1,68	2,16	2,61	3.03	3,41	3,78	4.12	4,44	4,75	5,03	5,31	5,56	5,81	6,04	6,26	6,47	6,67	6.86
8	5	1,64	2,09	2,50	2,88	3,23	3,55	3,86	4,14	4,40	4,64	4,87	5,09	5,30	5,48	5,67	5,84	6,00	6.15
9	6	1,59	2,02	2,40	2,75	3,07	3,36	3,62	3,87	4,10	4,31	4,51	4,69	4,87	5,03	5,18	5,32	5,45	5.58
10	7	1,55	1,95	2,31	2,63	2,92	3,18	3,42	3,64	3,84	4,02	4,19	4.35	4,50	4,64	4,77	4,89	5,00	5,11
11	8	1,51	1,89	2,22	2,52	2,78	3,02	3,23	3,43	3,61	3,77	3,92	4,06	4,19	4,30	4,42	4,52	4,62	4.71
12	9	1,48	1,83	2,14	2,42	2,66	2,87	3,07	3,24	3,40	3,55	3,68	3,80	3,91	4,02	4.11	4,20	4,29	4.36
13	10	1,44	1,78	2,07	2,32	2,55	2,74	2,92	3,08	3,22	3,35	3,47	3,57	3,67	3,76	3,85	3,93	4,00	4.07
14	11	1,41	1,73	2,00	2,24	2,44	2,62	2,78	2,93	3,05	3,17	3,28	3,37	3,46	3.54	3,62	3,69	3,75	3.81
15	12	1,37	1,68	1,94	2,16	2,35	2,51	2,66	2,79	2,91	3,01	3,11	3,19	3,27	3.34	3,41	3,47	3,53	3,58
16	13	1,34	1,63	1,88	2,08	2,26	2,41	2,55	2,67	2,77	2,87	2,95	3,03	3,10	3,17	3.23	3,28	3,33	3,38
17	14	1,31	1,59	1,82	2,01	2,18	2,32	2,44	2,55	2,65	2,74	2,82	2,89	2,95	3,01	3,06	3,11	3,16	3.20
18	15	1,29	1,55	1,76	1,95	2,10	2,23	2,35	2,45	2,54	2,62	2,69	2,75	2,81	2,87	2,91	2,96	3,00	3,04

c) Zugstärke = 45 Wagen (Abb. 3, Taf. 27).

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Lfde. Nr.																			
1	Zuführungsgeschwindigkeit in m/Sek.	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1.4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0
2	Zwischenzeiten in Minuten	23,68	17,81	14,25	11,88	10.18	8.91	7,92	7,13	6,48	5,94	5,48	5,09	4.75	4,45	4.19	3.96	3.75	3.56
—	Ablaufdauer in Minuten																		
3	0	2,53	3,37	4,21	5,05	5,89	6,73	7,58	8,42	9,26	10.10	10.95	11.79	12.63	13.48	14.32	15.15	16.00	16.85
4	1	2,43	3,19	3,93	4,66	5,37	6,05	6,73	7,38	8,02	8,65	9.26	9.85	10,43	11,01	11.56	12.10	12,63	13.16
5	2	2,34	3,03	3,69	4,32	4,93	5,50	6,05	6,57	7,08	7,56	8,02	8.46	8.89	9.30	9,69	10.07	10,43	10.79
6	3	2,25	2,88	3,48	4,03	4,55	5,04	5,49	5,92	6,33	6.71	7,08	7.42	7.74	8.05	8.34	8.62	8.89	9,15
7	4	2,17	2,75	3,29	3,78	4,23	4,65	5.03	5,39	5,73	6.04	6.33	6.60	6.86	7,10	7,33	7,54	7,74	7.94
8	5	2,09	2,63	3,12	3,55	3,95	4,31	4,64	4,95	5,23	5.48	5.73	5.95	6.15	6,35	6,53	6.70	6.86	7.01
9	6	2,02	2,52	2,96	3,36	3,71	4,02	4,31	4,57	4,81	5,03	5,23	5.41	5,58	5.74	5.89	6.02	6,15	6.28
10	7	1,96	2,42	2,82	3,18	3,49	3,77	4.02	4,25	4,45	4,64	4 81	4.96	5.11	5.24	5,36	5,47	5,58	5.68
11	8	1,89	2,32	2,70	3,02	3,30	3,55	3,77	3.97	4,14	4.30	4,45	4.58	4,71	4,82	4.92	5.02	5,11	5.19
12	9	1,84	2,24	2,58	2,87	3,13	3,35	3,55	3,72	3,88	4.02	4.14	4.26	4.36	4.46	4,55	4,63	4,71	4.78
13	10	1,78	2,16	2,47	2,74	2,97	3,17	3,35	3,50	3,64	3,76	3,88	3,98	4.07	4.15	4,23	4.30	4,36	4.42
14	11	1,73	2,08	2,38	2,62	2,83	3,01	3,17	3,31	3,43	3,54	3,64	3,73	3.81	3,88	3,95	4,01	4,07	4.12
15	12	1,68	2,01	2,29	2,51	2,71	2,87	3,01	3.14	3,25	3,34	3,43	3,51	3,58	3.65	3,71	3,76	3,81	3,86
16	13	1,64	1,95	2,20	2,41	2,59	2,74	2,87	2,98	3,08	3,17	3,25	3,32	3,38	3.44	3,49	3,54	3,58	3,62
17	14	1,59	1,89	2,12	2,32	2,48	2,62	2,74	2.84	2,93	3,01	3,08	3,14	3,20	3.25	3,30	3,34	3,38	3,42
18	15	1,55	1,83	2,05	2,23	2,38	2,51	2,62	2,71	2,79	2,87	2,93	2,99	3,04	3,08	3,13	3,16	3,20	3.23

einer Ablaufanlage (in Zügen) bei verschiedenen Zugstärken.

d) Zugstärke = 37,5 Wagen (Abb. 4, Taf. 27).

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Lfde. Nr. 1	Zuführungsgeschwindigkeit in m/Sek.	0.3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0
2	Ablaufdauer in Minuten	19,79	14,84	11,88	9,90	8,48	7,42	6,60	5,94	5.40	4,95	4,57	4,24	3,96	3,71	3,49	3,30	3,13	2,97
—	Zwischenzeiten in Minuten																		
3	0	3,03	4,04	5,05	6,06	7,08	8,09	9,09	10,10	11,11	12,12	13,13	14,15	15,15	16,17	17,19	18,18	19,17	20,20
4	1	2,89	3,79	4,66	5,50	6,33	7,13	7,89	8,65	9.38	10,08	10,77	11,45	12,10	12,74	13,36	13,95	14,53	15,11
5	2	2,75	3,56	4,32	5,04	5,73	6,37	6,98	7,56	8,11	8,63	9,13	9,62	10.07	10,51	10,93	11,32	11,70	12,07
6	3	2,63	3,36	4,03	4,65	5,23	5,76	6,25	6,71	7,14	7,55	7,93	8,29	8,62	8,94	9,24	9,52	9,79	10,05
7	4	2,52	3,18	3,78	4,32	4,81	5,25	5,66	6,04	6.38	6,70	7,00	7,28	7,54	7,78	8,01	8,22	8,42	8,61
8	5	2,42	3,02	3.55	4,03	4,45	4,83	5,17	5,48	5,77	6,03	6,27	6,49	6,70	6,89	7,07	7,23	7,38	7,53
9	6	2,33	2,88	3,36	3,77	4,14	4,47	4,76	5,03	5,26	5,48	5 68	5 86	6,02	6,18	6,32	6,45	6,57	6,69
10	7	2,24	2,75	3,18	3,55	3,88	4.16	4.41	4,64	4,84	5,02	5,19	5,34	5,47	5,60	5,72	5,83	5,92	6,02
11	8	2,16	2,63	3,02	3,35	3,64	3,89	4,11	4,30	4,48	4,63	4,77	4,90	5,02	5,12	5,22	5,31	5,39	5,47
12	9	2,08	2,52	2,87	3,17	3,43	3,65	3,85	4,02	4,17	4,30	4,42	4,53	4,63	4,72	4,80	4,88	4,95	5,01
13	10	2,01	2,42	2,74	3,02	3,25	3,44	3,61	3.76	3,90	4,01	4,12	4,21	4,30	4,38	4,45	4,51	4,57	4,63
14	11	1,95	2,32	2,62	2,87	3,08	3,26	3.41	3,54	3,66	3,76	3,85	3,94	4,01	4,08	4,14	4,20	4.25	4,29
15	12	1,89	2,24	2.51	2,74	2,93	3,09	3,23	3.34	3,45	3,54	3,62	3,69	3,76	3,82	3,87	3,92	3,97	4,01
16	13	1,83	2,16	2,41	2,62	2,79	2,94	3,06	3,17	3,26	3,34	3,41	3,48	3,54	3.59	3,64	3,68	3,72	3,76
17	14	1,78	2,08	2,32	2,51	2,67	2,80	2,91	3,01	3,09	3,17	3,23	3,29	3,34	3,39	3,43	3,47	3,50	3,54
18	15	1,72	2,01	2,23	2,41	2,56	2,68	2.78	2,87	2,94	3,01	3,06	3,12	3,16	3,21	3,24	3,28	3,31	3,34

e) Zugstärke = 30 Wagen (Abb. 5, Taf. 27).

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Lfde. Nr. 1	Zuführungsgeschwindigkeit in m/Sek.	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0
2	Ablaufdauer in Minuten	15.83	11,88	9 50	7.92	6,79	5.94	5.28	4,75	4.32	3,96	3,65	3,39	3,17	2,97	2,79	2,64	2,50	2,38
—	Zwischenzeiten in Minuten																		
3	0	3,79	5,05	6,32	7,58	8,84	10,10	11,36	12,63	13,89	15,15	16,44	17,70	18,93	20,20	21,51	22,73	24,00	25,21
4	1	3,57	4,66	5,71	6,73	7,70	8,65	9,55	10,43	11,28	12,10	12,90	13,67	14,39	15,11	15,83	16,48	17,14	17,75
5	2	3,37	4,32	5,22	6,05	6,83	7,56	8,24	8,89	9,49	10,07	10,62	11,13	11,61	12,07	12,53	12,93	13,33	13,70
6	3	3,19	4,03	4,80	5,49	6,13	6,71	7,25	7,74	8 20	8,62	9,02	9,39	9,72	10,05	10,36	10,64	10,91	11,15
7	4	3,03	3,78	4,44	5,03	5,56	6,04	6,47	6,86	7,21	7,54	7,84	8,12	8,37	8,61	8,84	9,04	9,23	9,40
8	5	2,88	3,55	4.14	4,64	5,09	5,48	5,84	6,15	6,44	6,70	6,94	7,15	7,34	7,53	7,70	7,85	8,00	8,13
9	6	2,75	3,36	3,87	4,31	4,69	5,03	5,32	5,58	5,81	6,02	6,22	6,39	6,54	6,69	6,83	6,94	7,06	7,16
10	7	2,63	3,18	3,64	4,02	4.35	4,64	4,89	5,11	5,30	5,47	5,63	5,77	5,90	6,02	6,13	6,22	6,32	6,40
11	8	2,52	3,02	3,43	3,77	4,06	4,30	4,52	4,71	4,87	5,02	5,15	5,27	5,37	5,47	5,56	5,64	5,71	5,78
12	9	2,42	2,87	3.24	3,55	3,80	4,02	4,20	4,36	4,50	4,63	4,74	4,84	4,93	5,01	5,09	5,15	5,22	5,27
13	10	2,32	2,74	3,08	3,35	3 57	3,76	3,93	4,07	4,19	4,30	4,40	4,48	4.56	4,63	4,69	4,75	4,80	4,85
14	11	2,24	2,62	2,93	3,17	3,37	3,54	3,69	3,81	3,92	4,01	4,10	4,17	4,23	4,29	4,35	4,40	4,44	4,48
15	12	2,16	2,51	2,79	3,01	3,19	3,34	3,47	3,58	3,68	3,76	3,83	3,90	3,96	4,01	4,06	4,10	4,14	4,17
16	13	2,08	2,41	2,67	2,87	3,03	3,17	3,28	3,38	3,46	3,54	3,60	3,66	3,71	3,76	3,80	3,84	3,87	3,90
17	14	2,01	2,32	2,55	2,74	2,89	3,01	3,11	3,20	3,28	3,34	3,40	3,45	3,49	3,54	3,57	3,61	3,64	3,66
18	15	1,95	2,23	2,45	2,62	2,75	2,87	2,96	3,04	3,11	3,16	3,22	3,26	3,30	3,34	3,37	3,40	3,43	3,45

Die Abb. 1 bis 5 auf Taf. 27 bieten ferner die Möglichkeit, für einen geplanten Bahnhof die durchschnittliche Zuführungsgeschwindigkeit zu ermitteln, wenn die Zahl und Stärke der stündlich zu verarbeitenden Züge und die voraussichtliche Gröfse der Zwischenzeit (aus Grundrifsanordnung a) oder b) in Abschnitt II und Zahl der einzusetzenden Druckmaschinen) feststeht. Aus der notwendigen Zuführungsgeschwindigkeit können dann alle weiteren Entscheidungen über Wahl der Ablauframpe, Zahl und Art der Gleisbremsen, Automatisierung der Verteilungsweichen u. dergl. mehr getroffen werden.

Für die Gesamtbeurteilung der angeschnittenen Fragen reicht jedoch die Angabe der Leistungsfähigkeit in Zügen (Zusammenstellung 4 und Abb. 1 bis 5 auf Taf. 27) nicht aus. Hierzu ist es erforderlich, wieder auf die Wagenzahl zurückzugehen. Zu diesem Zwecke sind in den Zusammenstellungen 5a) bis e) die Leistungen in Wagen errechnet und in den Abb. 6 bis 10 auf Taf. 27 zeichnerisch dargestellt.

Ein Vergleich der Abbildungen zeigt, dafs die stündliche Leistungsfähigkeit einer Ablaufanlage in Wagen von der Zuglänge dann unabhängig ist, wenn die Zwischenzeit zwischen zwei Ablaufzügen = 0 ist. Der Einflufs der Zuglänge wirkt sich jedoch immer stärker aus, je gröfser die Zwischenzeiten sind, wie aus Textabb. 12, Seite 262, zu ersehen ist. Während z. B. unter Annahme einer Zwischenzeit von 5 Min. bei einer Zugstärke von

75 Wagen etwa 227 Wagen

ablaufen, sinkt die Leistung bei Zügen von

60 Wagen auf 213 Wagen
45 » » 194 »
37,5 » » 181 »
30 » » 164 » .

Das Ergebnis dieses Abschnittes kann wie folgt zusammengefafst werden:

Die Zahl der auf einer Ablaufanlage in 1 Std. ablaufenden Züge wird gröfser, je kürzer die Züge sind; die Leistungsfähigkeit in Wagen sinkt jedoch mit Abnahme der Zugstärke. Die Unterschiede in den Zugstärken sind bei kleinen Zwischenzeiten nur von geringem Einflufs, sie wachsen mit zunehmenden Zwischenzeiten stark an.

IV. Der Einflufs der Unterbrechungen auf die Leistungsfähigkeit von Ablaufanlagen.

Die Leistungsfähigkeit von Ablaufanlagen wird gewöhnlich unter der Annahme ermittelt, dafs vier Stunden eines Tages auf unvermeidbare Unterbrechungen des Ablaufs und auf die notwendigen Unterhaltungsarbeiten am Oberbau und an den

Zusammenstellung 5: Stündliche Leistungsfähigkeit

a) Zugstärke = 75 Wagen (Abb. 6, Taf. 27).

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Lfde. Nr. 1	Zuführungsgeschwindigkeit in m/Sek.	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0
2	Ablaufdauer in Minuten	39,58	29,69	23,75	19,79	16,96	14,84	13,19	11,88	10,80	9,90	9,13	8,48	7,92	7,42	6,98	6,60	6,25	5,94
—	Zwischenzeiten in Minuten																		
3	0	114	152	190	227	265	303	341	379	417	455	493	531	568	606	645	682	720	758
4	1	111	147	182	217	251	284	317	350	381	413	444	475	505	535	564	592	621	649
5	2	108	142	175	206	237	267	296	324	352	378	404	430	454	478	501	524	545	567
6	3	106	138	168	197	226	252	278	302	326	349	371	392	412	432	451	469	487	503
7	4	104	134	162	189	215	239	262	284	304	324	343	361	377	394	410	425	439	453
8	5	101	130	157	182	205	227	248	266	285	302	319	334	348	362	376	388	400	411
9	6	99	126	151	175	196	216	235	252	268	283	298	311	323	335	347	357	368	377
10	7	97	123	146	168	188	206	223	239	253	266	279	291	302	312	322	331	340	348
11	8	95	119	142	162	180	197	212	227	239	251	263	273	283	292	301	308	316	323
12	9	93	116	137	156	173	189	203	215	227	238	248	257	266	274	281	289	294	302
13	10	91	113	134	151	167	182	194	206	216	228	236	244	251	258	265	271	277	282
14	11	89	110	130	146	161	174	186	197	206	215	224	231	238	245	251	256	261	266
15	12	87	108	126	142	155	168	179	188	197	206	213	220	226	232	237	242	247	251
16	13	86	106	122	137	150	162	172	181	189	197	203	209	215	221	225	230	234	238
17	14	84	103	119	134	146	156	166	174	182	188	194	200	206	210	215	218	222	226
18	15	83	101	116	129	141	151	160	167	175	181	187	192	197	201	105	209	212	215

b) Zugstärke = 60 Wagen (Abb. 7, Taf. 27).

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Lfde. Nr. 1	Zuführungsgeschwindigkeit in m/Sek.	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0
2	Ablaufdauer in Minuten	31,67	23,75	19,00	15,83	13,57	11,88	10,56	9,50	8,64	7,92	7,31	6,79	6,33	5,94	5,59	5,28	5,00	4,75
—	Zwischenzeiten in Minuten																		
3	0	114	152	190	227	265	303	341	379	417	455	493	531	568	606	645	682	720	758
4	1	110	145	180	214	247	280	311	343	373	404	433	462	491	519	546	573	600	626
5	2	107	140	172	202	231	259	287	313	338	363	386	410	432	454	475	494	514	533
6	3	104	134	164	191	217	242	265	288	309	329	349	368	386	403	419	435	450	464
7	4	101	130	157	182	205	227	247	266	285	302	319	334	349	362	376	388	400	412
8	5	98	125	150	173	194	213	232	248	264	278	292	305	318	329	340	350	360	369
9	6	95	121	144	165	184	202	217	232	246	259	271	281	292	302	311	319	327	335
10	7	93	117	139	158	175	191	205	218	230	241	251	261	270	278	286	293	300	307
11	8	91	113	133	151	167	181	194	206	217	226	235	244	251	258	265	271	277	283
12	9	89	110	128	145	160	172	184	194	204	213	221	228	235	241	247	252	257	262
13	10	86	107	124	139	153	164	175	185	193	201	208	214	220	226	231	236	240	244
14	11	85	104	120	134	146	157	167	176	183	190	197	202	208	212	217	221	225	229
15	12	82	101	116	130	141	151	160	167	175	181	187	191	196	200	205	208	212	215
16	13	80	98	113	125	136	145	153	160	166	172	177	182	186	190	194	197	200	203
17	14	79	95	109	121	131	139	146	153	159	164	169	173	177	181	184	187	190	192
18	15	77	93	106	117	126	134	141	147	152	157	161	165	169	172	175	178	180	182

c) Zugstärke = 45 Wagen (Abb. 8, Taf. 27).

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Lfde. Nr. 1	Zuführungsgeschwindigkeit in m/Sek.	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0
2	Ablaufdauer in Minuten	23,68	17,81	14,25	11,88	10,18	8,91	7,92	7,13	6,48	5,94	5,48	5,09	4,75	4,45	4,19	3,96	3,75	3,56
—	Zwischenzeiten in Minuten																		
3	0	114	152	190	227	265	303	341	379	417	455	493	531	568	606	645	682	720	758
4	1	109	144	177	210	242	272	303	332	361	389	417	443	469	495	520	545	568	592
5	2	105	136	166	194	222	248	272	296	319	340	361	381	400	419	436	453	469	486
6	3	101	130	157	181	205	227	247	266	285	302	319	334	348	362	375	388	400	412
7	4	98	124	148	170	190	209	226	243	258	272	285	297	309	320	330	339	348	357
8	5	94	118	140	160	178	194	209	223	235	247	258	268	277	286	294	302	309	315
9	6	91	113	133	151	167	181	194	206	216	226	235	243	251	258	265	271	277	283
10	7	88	109	127	143	157	170	181	191	200	209	216	223	230	236	241	246	251	256
11	8	85	104	122	136	149	160	169	179	186	194	200	206	212	217	221	226	230	234
12	9	83	101	116	129	141	151	160	167	175	181	186	192	196	201	205	208	212	215
13	10	80	97	111	123	134	143	151	158	164	169	175	179	183	187	190	194	196	199
14	11	78	94	107	118	127	135	143	149	154	159	164	168	171	175	178	180	183	185
15	12	76	90	103	113	122	129	135	141	146	150	154	158	161	164	167	169	171	174
16	13	74	88	99	108	117	123	129	134	139	143	146	149	152	155	157	159	161	163
17	14	72	85	95	104	112	118	123	128	132	135	139	141	144	146	149	150	152	154
18	15	70	82	92	100	107	113	118	122	126	129	132	135	137	139	141	142	144	145

einer Ablaufanlage (in Wagen) bei verschiedenen Zugstärken.

d) Zugstärke = 37,5 Wagen (Abb. 9, Taf. 27).

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Lfde. Nr. 1	Zuführungsgeschwindigkeit in m/Sek.	0,3	0.4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0
2	Ablaufdauer in Minuten	19,79	14,84	11,88	9,90	8,48	7,42	6,60	5,94	5.40	4,95	4,57	4,24	3,96	3,71	3,49	3,30	3,13	2,97
—	Zwischenzeiten in Minuten																		
3	0	114	152	190	227	265	303	341	379	417	455	493	531	568	606	645	682	720	758
4	1	109	142	175	206	237	267	296	324	352	378	404	429	453	478	501	523	545	567
5	3	103	134	162	189	215	238	262	284	304	324	342	361	378	394	410	425	439	453
6	2	99	126	151	174	196	216	234	252	268	283	297	311	323	335	347	357	367	377
7	4	95	119	142	162	180	197	212	227	239	251	263	273	283	292	300	308	316	323
8	5	91	113	133	151	167	181	194	206	216	226	235	243	251	258	265	271	277	282
9	6	87	108	126	141	155	168	179	189	197	206	213	220	226	232	237	242	246	251
10	7	84	103	119	133	145	156	165	174	182	188	195	200	205	210	215	219	222	226
11	8	81	99	113	126	136	146	154	161	168	174	179	184	188	192	196	199	202	205
12	9	78	95	108	119	129	137	144	151	157	161	166	170	174	177	180	183	186	188
13	10	75	91	103	113	122	129	135	141	146	150	155	158	161	164	167	169	171	174
14	11	73	87	98	108	116	122	128	133	137	141	144	148	150	153	155	158	159	161
15	12	71	84	94	103	110	116	121	125	129	133	136	138	141	143	145	147	149	150
16	13	69	81	90	98	105	110	115	119	122	125	128	131	133	135	137	138	140	141
17	14	67	78	87	94	100	105	109	113	116	119	121	123	125	127	129	130	131	133
18	15	65	75	84	90	96	101	104	108	110	113	115	117	119	120	122	123	124	125

e) Zugstärke = 30 Wagen (Abb. 10, Taf. 27).

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Lfde. Nr. 1	Zuführungsgeschwindigkeit in m/Sek.	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0.9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0
2	Ablaufdauer in Minuten	15,83	11,88	9,50	7,92	6,79	5,94	5,28	4,75	4,32	3,96	3,65	3,39	3,17	2,97	2,79	2,64	2,50	2,38
—	Zwischenzeiten in Minuten																		
3	0	114	152	190	227	265	303	341	379	417	455	493	531	568	606	645	682	720	758
4	1	107	140	171	202	231	260	287	313	338	363	387	410	432	453	475	494	514	533
5	2	101	130	157	182	205	227	247	267	285	302	319	334	348	362	376	388	400	411
6	3	96	121	144	165	184	201	218	232	246	259	271	282	292	302	311	319	327	335
7	4	91	113	133	151	167	181	194	206	216	226	235	244	251	258	265	271	277	282
8	5	86	107	124	139	153	164	175	185	193	201	208	215	220	226	231	236	240	244
9	6	83	101	116	129	141	151	160	167	174	181	187	192	196	201	205	208	212	215
10	7	79	95	109	121	131	139	147	153	159	164	169	173	177	181	184	187	190	192
11	8	76	91	103	113	122	129	136	141	146	151	155	158	161	164	167	169	171	173
12	9	73	86	97	107	114	121	126	131	135	139	142	145	148	150	153	155	157	158
13	10	70	82	92	101	107	113	118	122	126	129	132	134	137	139	141	143	144	146
14	11	67	79	88	95	101	106	111	114	118	120	123	125	127	129	131	132	133	134
15	12	65	75	84	90	96	100	104	107	110	113	115	117	119	120	122	123	124	125
16	13	62	72	80	86	91	95	98	101	104	106	108	110	111	113	114	115	116	117
17	14	60	70	77	82	87	90	93	96	98	100	102	104	105	106	107	108	109	110
18	15	59	67	74	79	83	86	89	91	93	95	97	98	99	100	101	102	103	104

Sicherungseinrichtungen gerechnet werden. Vergleicht man diese Annahme mit den z. Zt. praktisch tatsächlich vorkommenden Verhältnissen, so wird man finden, dafs zu günstig gerechnet ist.

In bezug auf den Ablauf kann man die 24 Stunden eines Arbeitstages in folgende Zeitgruppen einteilen:

a) reine Ablaufzeit von ganzen Zügen oder einzelnen Wagen,
b) unvermeidbare Zwischenzeiten zwischen zwei Abläufen,
c) unvermeidbare Unterbrechungen des Ablaufs,
d) vermeidbare Unterbrechungen des Ablaufs,
e) Pausen aus besonderen Ursachen und
f) Pausen wegen mangelnden Zulaufs.

Zu a) und b). Die Fragen des Zugablaufs und der Zwischenzeiten sind in den Abschnitten I bis III behandelt worden.

Zu c). Als unvermeidbare Unterbrechungen des Ablaufs sind folgende anzusehen:

auf **Flach**bahnhöfen	auf **Gefälls**bahnhöfen
1. Kreuzende Einfahrten (bei einseitigen Einfahrten gegen den Ablauf),	
2. Wegfahrende Zugmaschinen,	
3. Andrücken in den Richtungsgleisen,	—
4. Auswechseln von Fehlläufern,	—
5. Einwechseln von Bremswagen,	—
6. Auswechseln von Schadwagen	—

Vorstehende Übersicht zeigt, dafs die Zahl der unvermeidbaren Unterbrechungen auf Flachbahnhöfen gröfser ist als auf Gefällsbahnhöfen.

Zu d). Vermeidbare Unterbrechungen.

auf **Flach**bahnhöfen	auf **Gefälls**bahnhöfen
1. Warten auf Rangierzettel,	
2. Warten auf Langhängen oder Trennen,	
3. —	Festsitzen des Ablaufzuges,
4. Warten auf Drucklokomotiven,	—
5. Warten auf Gruppenbegleiter,	
6. Entkuppeln mit Hand,	
(Entfällt auf den Flachbahnhöfen, auf denen die Züge vor Beginn des Ablaufs in Gruppen zerlegt werden),	
7. Stockende Vorflut,	
8. Schlechtläufer.	

Im Gegensatz zu c) umfafst die Gruppe der vermeidbaren Unterbrechungen bei beiden Bahnhofssystemen fast die gleichen Ursachen. Nur das Festsitzen des Ablaufzuges in Gleisen mit schwachem Gefälle kommt nur auf Gefällsbahnhöfen vor; dem steht auf Flachbahnhöfen das Warten auf Drucklokomotiven gegenüber.

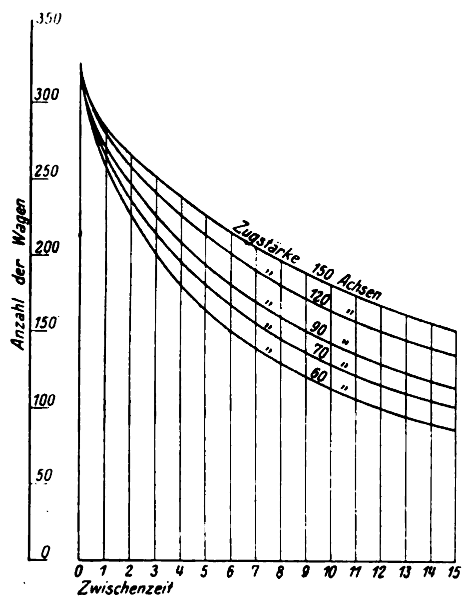


Abb. 12. Leistungen einer Ablaufanlage (in Wagen) in 1 Std. reiner Betriebszeit für verschiedene Zugstärken. (Zuführungsgeschwindigkeit = 0,8 m.)
In der 4. Schaulinie ist die Zahl 70 durch 75 zu ersetzen.

Zu e). Pausen aus besonderen Ursachen, Pausen zum Einnehmen der Mahlzeit, Pausen beim Schichtwechsel.

Zu f). Pausen wegen mangelnden Zulaufes.

Diese Zeit kann für den Ablauf als verwertbar angesehen werden, wenn entsprechende Abzüge für Unterbrechungen berücksichtigt werden.

Über den Umfang dieser verschiedenen Zeitgruppen lassen sich natürlich keine bestimmten allgemein gültigen Angaben machen, weil die einzelnen Unterbrechungsgruppen in hohem Mafse von der örtlichen Anlage und von dem Fahrplan abhängig sind. Es müssen deshalb für jeden Bahnhof besondere Untersuchungen durchgeführt werden, die alle örtlichen Sonderverhältnisse berücksichtigen. Als Beispiel ist in Textabb. 13 ein einstündiger Ausschnitt einer sich über 14 Tage erstreckenden Untersuchung auf einem Gefällsbahnhof gebracht. Zur Aufnahme wurde die Betriebsschauuhr*) verwendet.

Es wurden in jedem Ablaufgleis die Einfahrt und der Ablauf aufgenommen. Die Zugnummern und die jeweiligen Ursachen der Unterbrechungen des Ablaufs wurden während der Aufnahme eingetragen. Zur besseren Übersicht wurden die selbsttätigen Aufzeichnungen der Betriebsschauuhr im Büro dadurch ergänzt, dafs der Ablauf aus den einzelnen Gleisen durch Projektion in ein fünftes Band übertragen wurde, in dem die reinen Ablaufzeiten, Zwischenzeiten, vermeidbare und unvermeidbare Unterbrechungen sowie Pausen in verschiedenartiger Schraffur dargestellt sind. Auf diese Weise wurde ein lückenloses Bild der Ablaufvorgänge gewonnen, aus dem eindeutig das Verhältnis von reiner Ablaufzeit zu den verschiedenen Unterbrechungsursachen entnommen werden kann. Für einen grofsen Flachbahnhof wurden die gleichen Ermittlungen mit Hilfe der laufenden Aufschreibungen des Ablaufmeisters durchgeführt. Die Ergebnisse beider Untersuchungen im Tagesdurchschnitt sind aus Zusammenstellung 6 zu ersehen.

Zusammenstellung 6 zeigt einmal, dafs die **reine Ablaufzeit** auf dem Flachbahnhof nur 37%, auf dem Gefällsbahnhof 65% der zur Verfügung stehenden Arbeitszeit beträgt. Da auf dem Flachbahnhof in 535 Minuten 2225 Wagen mit einer Durchschnittslänge von 9,50 m abliefen, ergibt sich eine durchschnittliche Zuführungsgeschwindigkeit von $\frac{2225 \,.\, 9{,}5}{535 \,.\, 60} = 0{,}67$ m/Sek.; für den Gefällsbahnhof errechnet sich die durchschnittliche Zuführungsgeschwindigkeit zu $\frac{3384 \,.\, 9{,}5}{943 \,.\, 60} = 0{,}57$ m/Sek. Die verhältnismäfsig geringen Unterschiede zwischen Flachbahnhof und Gefällsbahnhof sind um so auffälliger, als sowohl die durchschnittliche Zugstärke als auch die durchschnittliche Gruppenstärke auf dem Flachbahnhof wesentlich gröfser ist als auf dem Gefällsbahnhof. Wie aus den Darlegungen in Abschnitt II zu erwarten war, zeigt sich in der Zwischenzeit ein wesentlicher Unterschied zwischen den beiden Bahnhofssystemen. Auf einen Zug umgerechnet beträgt die Zwischenzeit auf dem Flachbahnhof 7,6 auf dem Gefällsbahnhof nur 0,85 Min.

Eine durchschnittliche Zwischenzeit von 7,6 Min. ist bei Verwendung von zwei Druckmaschinen verhältnismäfsig grofs, bestätigt aber die auf mehreren Flachbahnhöfen festgestellte Tatsache, dafs bereits bei zwei Maschinen gegenseitige Hemmungen eintreten, die den durch Einsatz einer zweiten Maschine erwarteten Gewinn nicht voll zur Auswertung kommen lassen. Diese Tatsache tritt bei drei Druckmaschinen naturgemäfs in noch gröfserem Umfange ungünstig in Erscheinung.

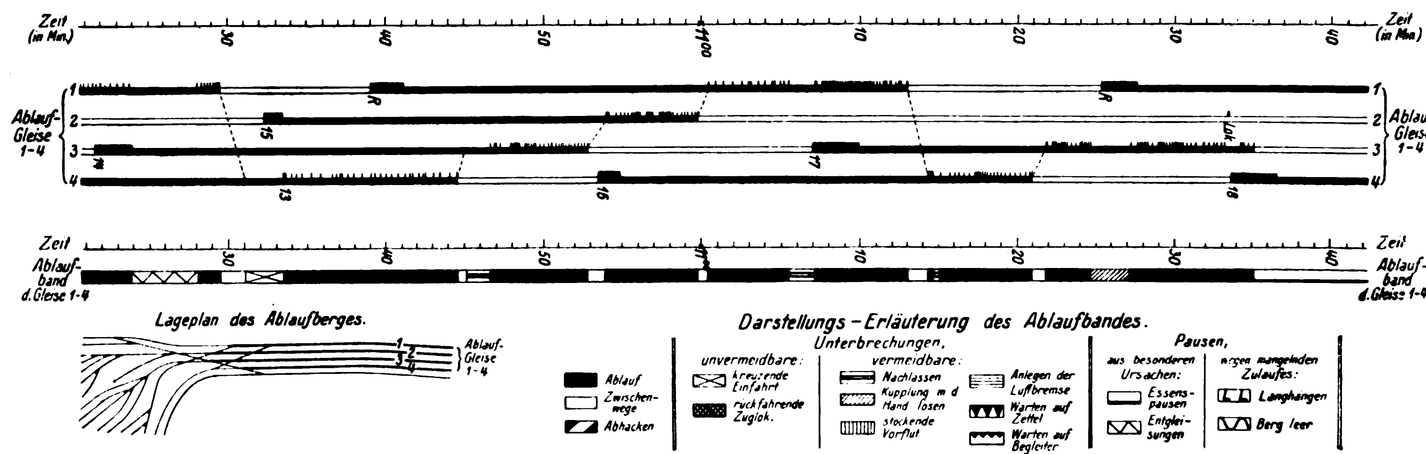


Abb. 13. Darstellung der betrieblichen Vorgänge auf dem Ablaufberge eines Gefällsbahnhofes nach einer Aufnahme mit der Betriebsschauuhr.

In der Zeitgruppe der unvermeidbaren Unterbrechungen tritt ebenfalls der grofse Unterschied zwischen Flachbahnhof und Gefällsbahnhof deutlich hervor. Die Verlustzeiten sind auf dem Flachbahnhof mit 264 Min. um 70% gröfser als auf dem Gefällsbahnhof mit 155 Min. Sie betragen auf dem Flachbahnhof etwa 18%, auf dem Gefällsbahnhof etwa 11% der

*) Beschreibung im Organ für die Fortschritte des Eisenbahnwesens, Heft 23 vom 15. Dezember 1926, S. 490 von Reichsbahnrat Dr. Ing. **Frohne**, Dresden.

Zusammenstellung 6.
Leistungen und Aufwand auf Flach- und Gefällsbahnhöfen.

Bezeichnung	Flachbahnhof	Gefällsbahnhof
A. Leistungen		
Zahl der abgelaufenen Züge .	50	100
Zahl der abgelaufenen Wagen	2 225	3 384
Zahl der abgelaufenen Gruppen	1 320	2 395
Durchschnittliche Zugstärke (Wagen)	45	34
Durchschnittliche Gruppenstärke	1,7	1,4

1	2	3	4	5	6	7	8	9
B. Zeitaufwand	Gesamtzeit Min.	Einzelzeit Min	in % von 24 Stunden	Einheitswerte	Gesamtzeit Min.	Einzelzeit Min.	in % von 24 Stunden	Einheitswerte
a) Reine Ablaufzeit	535	—	37,2	—	943	—	65,5	—
Ablaufdauer für 1 Zug .	—	—	—	10,7 Min.	—	—	—	9,4 Min.
Durchschnittliche Zuführungsgeschwindigkeit für 1 Zug	—	—	—	0,67 m/Sek.	—	—	—	0,57 m/Sek.
b) Zwischenzeit	380	—	26,5	—	85	—	5,9	—
Durchschnittliche Zwischenzeit für 1 Zug .	—	—	—	7,6 Min.	—	—	—	0,85 Min.
c) Unvermeidbare Unterbrechungen	264	—	18,3	—	155	—	10,8	—
Kreuzende Einfahrten . .	—	—	—	—	—	145	—	—
Wegfahrende Zugmaschinen	—	—	—	—	—	10	—	—
Andrücken in den Richtungsgleisen . . .	—	139	—	—	—	—	—	—
Auswechseln von Fehlläufern	—	104	—	—	—	—	—	—
Einwechseln von Bremswagen	—	21	—	—	—	—	—	—
d) Vermeidbare Unterbrechungen	256	—	17,7	—	84	—	5,8	—
e) Pausen (Essenspausen). .	5	—	0,3	—	56	—	3,9	—
f) Mangelnder Zulauf . . .	—	—	—	—	117	—	8,1	—
Gesamtsumme	1440	—	100,00	—	1440	—	100,00	—

24 stündigen Arbeitszeit. Der Hauptanteil entfällt für den Flachbahnhof auf Andrücken in den Richtungsgleisen und auf Auswechseln von Fehlläufern und Einwechseln von Bremswagen, während die Ursachen, die die unvermeidbaren Unterbrechungen auf dem Gefällsbahnhof bewirkten — kreuzende Einfahrten gegen den Ablauf und wegfahrende Zugmaschinen — überhaupt nicht in Erscheinung traten, da sie in die Zeiten für Andrücken und Auswechseln fielen.

Auffallend grofs sind auch die Unterschiede in den vermeidbaren Unterbrechungen, bei denen neben den am Anfang des Abschnittes IV unter d) angegebenen Ursachen auch örtliche Sonderheiten in Erscheinung traten.

Pausen aus besonderen Ursachen traten auf dem Flachbahnhof nicht in Erscheinung, während auf dem Gefällsbahnhof der Ablauf 56 Min. = 4% der 24 stündigen Arbeitszeit wegen Essenspausen unterbrochen wurde.

Summiert man die bisher behandelten Zeitgruppen, so ist für den Flachbahnhof das Soll von 1440 Min. erreicht, während auf dem Gefällsbahnhof noch eine verfügbare Zeitspanne von 117 Min. = 8% der 24 stündigen Arbeitszeit wegen Mangels an Zulauf übrigbleibt, die im Verhältnis der Zeitgruppen $(a + b) : (c + d)$ geteilt, einen Gewinn an Ablaufzeit von 95 Min. gebracht und damit eine Erhöhung der Ablaufleistung um 314 Wagen ermöglicht hätten.

Wenn nun auch — trotz der 14tägigen Mittelwerte auf jedem Bahnhof — den Angaben in Prozenten in den Spalten 5 und 9 kein allgemein gültiger Wert zuzusprechen ist, so kann als **Ergebnis der Untersuchungen dieses Abschnittes** doch gesagt werden, **dafs die Verlustzeiten auf allen Verschiebebahnhöfen weit gröfser sind, als bisher bei Leistungsberechnungen im allgemeinen angenommen worden ist, und dafs sie — wenigstens bei dem derzeitigen praktischen Stande der Rangiertechnik — auf dem Flachbahnhof gröfser sein müssen als auf dem Gefällsbahnhof. Ohne grofsen Fehler kann heute für Flachbahnhöfe mit einer Nutzzeit = reine Ablaufzeit + Zwischenzeit von etwa 15 bis 16 Stunden, für Gefällsbahnhöfe von etwa 17 bis 19 Stunden gerechnet werden.**

V. Ergebnisse und Folgerungen.

In den Abschnitten I bis IV sind die Grundlagen für die Berechnung der Leistungsfähigkeit von Ablaufanlagen behandelt. Sobald die täglich zur Verfügung stehende Nutzzeit für reinen Ablauf + Zwischenzeiten bekannt ist, kann die mittlere Leistungsfähigkeit in Zügen oder Wagen durch Multiplikation dieses Zeitwertes mit den aus den Zusammenstellungen 4 und 5 ersichtlichen stündlichen Leistungen errechnet oder aus den Schaulinien der Taf. 27 abgegriffen werden. Die Leistungsfähigkeit zweier Bahnhöfe, für die die nachstehenden Angaben gelten, berechnet sich also wie folgt:

Flachbahnhof:

durchschnittliche Zuführungsgeschwindigkeit . $v = 0,9$ m/Sek.
» Zwischenzeit . . . . . $t_o = 8$ Min.
» Zugstärke . . . . . . $n = 45$ Wagen
» Nutzzeit . . . . . . $T = 15$ Std.

Aus Zusammenstellung 5c) Spalte 9 lfd. Nr. 11 ergibt sich eine stündliche Leistung von 169 Wagen; die mittlere Leistungsfähigkeit errechnet sich somit zu $15 . 169 = 2535$ Wagen.

Gefällsbahnhof:

durchschnittliche Zuführungsgeschwindigkeit . $v = 0,6$ m/Sek.
» Zwischenzeit . . . . . $t_o = 1$ Min.
» Zugstärke . . . . . . $n = 45$ Wagen
» Nutzzeit . . . . . . $T = 17$ Std.

Aus Zusammenstellung 5c) Spalte 6 lfd. Nr. 4 ergibt sich eine stündliche Leistung von 210 Wagen; die mittlere Leistungsfähigkeit errechnet sich somit zu $17 . 210 = 3570$ Wagen.

Vorstehendes Beispiel läfst erkennen, dafs bei den zugrunde gelegten Annahmen, die Erfahrungswerten aus der Praxis entsprechen, die Leistungsfähigkeit des Gefällsbahnhofes gröfser ist als die des Flachbahnhofes. Dieses Ergebnis verändert sich auch nicht sehr, wenn man die Grundzahlen im Rahmen der möglichen Grenzen günstiger wählt.

1. Flachbahnhof:

a) Steigert man unter sonst gleichen Bedingungen ($t_o = 8$, $T = 15$, $n = 45$) die Zuführungsgeschwindigkeit v um 33 % von 0,9 auf 1,2 m/Sek., was nur bei einer »einheitlich mechanisierten Ablaufanlage« wie in Hamm möglich erscheint, so steigt die Leistungsfähigkeit der Ablaufanlage um 15 % von 2535 auf 2910 Wagen.

b) Verkürzt man unter sonst gleichen Bedingungen ($v = 0,9$, $T = 15$, $n = 45$) die Zwischenzeit t_o um 26 % von 8 auf 5 Min., was wahrscheinlich zwei Druckmaschinen kostet, so steigt die Leistungsfähigkeit um 24 % von 2535 auf 3135 Wagen.

c) Verbessert man wie bei a) die Zuführungsgeschwindigkeit v um 33 % von 0,9 auf 1,2 m/Sek. und die Zwischenzeit t_o um 26 % von 8 auf 5 Min., so steigt die Leistungsfähigkeit um 46 % von 2535 auf 3705 Wagen.

d) Erst eine gleichzeitige Erhöhung der Nutzzeit T um 20 % von 15 auf 18 Stunden mit den unter c) angeführten Verbesserungen bringt eine wesentliche Leistungssteigerung (75 %) von 2536 auf 4445 Wagen.

e) Die eingangs erwähnte Leistung von 6000 Wagen würde bei weiterer Erhöhung der Zuführungsgeschwindigkeit v auf 1,5 m/Sek. und einer Zwischenzeit von $t_o = 5$ Min. eine Nutzzeit von 21,7 Stunden erfordern, was bei dem heutigen Stande der Rangiertechnik als ausgeschlossen angesehen werden mufs.

Hierbei ist noch zu berücksichtigen, dafs diesen Berechnungen eine durchschnittliche Zugstärke von 45 Wagen zugrunde gelegt ist. Nimmt man den Reichsdurchschnitt von 37,5 Wagen (Zusammenstellung 5d) an, so verringern sich die errechneten Leistungen wie folgt:

im Beispiel	von	2535	auf	2310	Wagen	= 9 %,
bei a)	»	2910	»	2610	»	= 10 %,
» b)	»	3135	»	2910	»	= 7 %,
» c)	»	3705	»	3390	»	= 8,5 %,
» d)	»	4445	»	4070	»	= 8 %.

Die Nutzzeit unter e) würde sich von 21,7 auf 23,9 Stunden = 10 % erhöhen.

Die vorstehenden Überlegungen lassen erkennen, dafs für die nächste Zeit etwa 4500 Wagen die oberste Grenze eines einseitigen Flachbahnhofes bleiben werden; der Durchschnittswert wird wesentlich niedriger liegen und schon 3700 Wagen werden eine Leistung darstellen, die nur unter besonders günstigen Verhältnissen erreicht werden kann.

2. Gefällsbahnhof:

a) Gelänge es, auf dem untersuchten Gefällsbahnhof, ebenso wie auf dem Flachbahnhof, die durchschnittliche Zuführungsgeschwindigkeit v um 33 % auf 0,9 m/Sek. zu steigern, so würde unter sonst gleichen Bedingungen ($t_o = 1,0$, $T = 17$, $n = 45$) die Leistungsfähigkeit der Abrollanlage um 44 % von 3570 auf 5151 Wagen steigen.

b) Dagegen würde eine Verkürzung der Zwischenzeit t_o um 25 % von 1,0 auf 0,75 Min. unter sonst gleichen Bedingungen ($v = 0,6$, $T = 17$, $n = 45$) nur eine Leistungssteigerung um 2 % von 3570 auf 3630 Wagen bringen.

c) Beide Verbesserungen — Erhöhung der Zuführungsgeschwindigkeit v von 0,6 auf 0,9 m/Sek. und Verringerung der Zwischenzeit t_o von 1,0 auf 0,75 Min. — steigern die Leistungsfähigkeit um 48 % von 3570 auf 5300 Wagen.

d) Würde man — was vorläufig noch als unerreichbar erscheint — aufser den unter c) genannten Verbesserungen noch — wie auf dem Flachbahnhof — die tägliche Nutzzeit um 3 Stunden auf 20 Stunden erhöhen, so würde sogar eine Leistungssteigerung von 3570 auf 6230 Wagen erreicht werden.

Legt man diesen Berechnungen, ebenso wie beim Flachbahnhof, einen Zug von 37,5 Wagen anstatt von 45 Wagen zugrunde, so verringern sich die Leistungen folgendermafsen:

im Beispiel	von	3570	auf	3500	Wagen	= 1 %,
bei a)	»	5150	»	5030	»	= 2,3 %,
» b)	»	3630	»	3600	»	= 1 %,
» c)	»	5300	»	5215	»	= 1,7 %,
» d)	»	6230	»	6140	»	= 1,4 %.

Es zeigt sich also, dafs der Einflufs der kürzeren Zuglänge auf den Flachbahnhöfen mit seinen grofsen Zwischenzeiten bedeutend stärker in Erscheinung tritt als auf dem Gefällsbahnhof.

Wenn auch Leistungszahlen, wie unter 2a), c) und d) errechnet, eine Steigerung oder Verminderung der Grundzahlen bedingen, die nur bei wesentlich verbesserter Rangiertechnik erreichbar erscheint, so dürfen doch mittlere Leistungen von 5000 Wagen auf Neuanlagen von Gefällsbahnhöfen in absehbarer Zeit durchaus möglich sein.

Zusammenfassend kann als Ergebnis vorstehender Untersuchungen gesagt werden, dafs einmal die bisherigen Annahmen über die Leistungsfähigkeit von Ablaufanlagen als zu hoch angesehen werden müssen und dafs zum andern der Gefällsbahnhof dem Flachbahnhof in bezug auf die Leistungsfähigkeit der Ablaufanlage zum mindesten gleichkommt, beim jetzigen Stande der Rangiertechnik sogar erheblich überlegen ist. Gleichzeitig lassen aber die Untersuchungen erkennen, dafs eine Verbesserung der Ablauframpe, die Selbststellung der Ablaufweichen und der Einbau schwerer Gleisbremsen zwar die Ablaufdauer eines Zuges wesentlich verkürzen können, aber auf die Leistungsfähigkeit der Anlage nur dann von Einflufs sind, wenn der Betrieb aufs straffste organisiert ist. Auf vielen Bahnhöfen werden auch ohne bauliche Veränderungen Mehrleistungen erreicht werden können, wenn der Ablauf aufs genaueste erforscht und überwacht wird und wenn eine Erziehung der Ablaufmannschaft nach der Richtung einsetzt, dafs alle vermeidbaren Unterbrechungen auf ein Mindestmafs gebracht werden. Nicht stofsweiser Betrieb mit kurzen Ablaufzeiten einzelner Züge und grofsen Pausen, sondern ein möglichst ununterbrochener Abflufs mit einer mittleren Zuführungsgeschwindigkeit sollte das Ziel sein.

Über die Lage des Reibungsmittelpunktes bei arbeitenden Lokomotiven.

Von Reichsbahnoberrat Dr. Uebelacker.

Herr Professor Jahn hat in einem Aufsatz »Spurerweiterung oder nicht« in der Zeitung des Vereins Deutscher Eisenbahnverwaltungen Nr. 16 vom 21. April d. J. die Frage der Reibungswiderstände eines Eisenbahnfahrzeugs beim Durchlaufen einer Bahnkrümmung behandelt: bei freier Einstellung des Fahrzeugs nach dem Gleichgewicht der Kräfte, wie ich es erstmals in meinen »Untersuchungen über die Bewegung von Lokomotiven mit Drehgestellen in Bahnkrümmungen« *) darlegte, und sodann für vollständig zwangläufige Führung. Im letzten Abschnitt seines Aufsatzes betitelt »Zugkraft und Pollage« **) nimmt Herr Prof. Jahn Bezug auf die in meiner Abhandlung entwickelten Anschauungen, wonach bei Fahrzeugen, die eine Zugkraft (oder Bremskraft) ausüben, die Lage des Reibungsmittelpunktes (R) von der Fahrzeuglängsachse seitlich abrücke, und will ein solches (in diesem Falle geringfügiges) Abrücken nur um den zur Überwindung der Reibungswiderstände selbst notwendigen Betrag zugestehen.

Da meine Ausführungen über die Lage des R.es wohl etwas zu knapp gehalten waren, will ich den Gedankengang, der mich zur Annahme eines seitlich liegenden R.es führte, nachfolgend etwas eingehender darlegen.

Zur Ausübung einer Zugkraft, sei es der am Zughaken auf den Wagenzug ausgeübten, sei es der zur Bewegung der Lokomotive selbst notwendigen Kraft (Gewichtskomponente, Luftwiderstand, Lauf- und Krümmungswiderstände) bedarf die Lokomotive einer gleichgrofsen, an den Berührungspunkten der Treibräder angreifenden äufseren Kraft. Bei rein rollender Bewegung im geraden Gleis wird diese durch die Haftreibung (Reibung der Ruhe) aufgebracht, die nur bis zu dem Betrag der Zugwiderstände in Anspruch genommen wird. Wenn die Räder gleiten, so tritt die etwas kleinere Reibung der gleitenden Bewegung auf; diese Kraft ist dann ein ganz bestimmter Betrag, der dem Zugwiderstand gleich ist. Schleudern die Treibräder im geraden Gleis, so liegt diese Kraft in der Richtung der Zugkraft. — Anders ist dies in der Krümmung. Hier beschreiben — wenn zunächst die Lokomotive im Leerlauf angenommen wird — die Berührungspunkte der Räder, weil zu dem Geradeausrollen noch eine Drehung um den R. hinzukommt, unter Gleiten Kreise um diesen Punkt, und es fällt die gesamte gleitende Reibung fQ an jedem Rade in die jeweilige Gleitrichtung, dem Sinne nach entgegengesetzt (Abb. 1). Zerlegt man die Reibungskräfte in Seitenkräfte in der Richtung der Fahrzeuglängsachse, K, und senkrecht dazu, G, so sind erstere am äufseren und inneren Rad eines Radsatzes wegen der symmetrischen Lage zum R. gleich und entgegengesetzt; ihre Mittelkraft ist 0. Es fehlt sonach jeder Halt auf der Schiene gegenüber dem Angriff einer äufseren Kraft in der Fahrzeugachse, wie es die Zugkraft ist. Ein solcher Halt kommt nur dann zustande, wenn die Mittelkraft der Seitenkräfte $K > 0$ ist. Es tritt dies von selbst dadurch ein, dafs die Treibräder, da sie keinen Halt auf den Schienen finden, sich schneller drehen, dafs also sich eine für alle gekuppelten Räder gleiche zusätzliche Gleitgeschwindigkeit der aus der Schwenkung beim Bogenlauf entstandenen überlagert. Dieses zusätzliche Gleiten erfolgt genau in dem Betrag, dafs die Mittelkraft aus den Seitenkräften K dem jeweils vorhandenen Zugwiderstand entspricht. Aus diesen Ausführungen folgt, dafs der Haftwiderstand der Räder und damit die mögliche Zugkraft beim Bogenlauf geringer ist als bei rollender Reibung in der Geraden, und dafs die einzelnen Räder verschiedene Anteile an dem Zustandekommen der Zugkraft haben (vergl. S. 11 Zusammenstellung 4 a. a. O). Die Erfahrung, dafs Lokomotiven in Bahnkrümmungen leichter

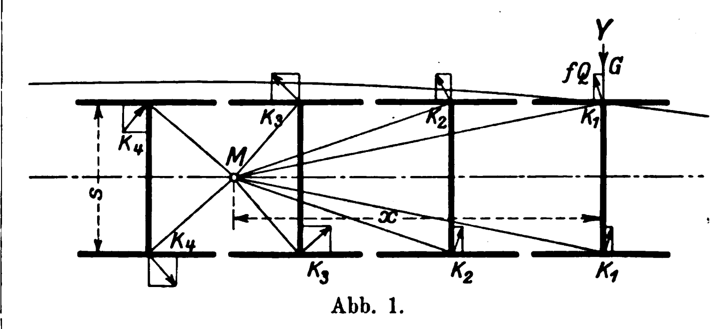


Abb. 1.

schleudern als in der Geraden, bestätigt diese Anschauung. Die wiedergegebene Anschauung ergibt sich als zwanglose Weiterentwicklung der Vorstellung über die Gleitverhältnisse beim Bogenlauf zugkraftloser Fahrzeuge.

Die weitere Betrachtung ist rein geometrisch. Der Überlagerung der ursprünglichen Gleitgeschwindigkeit für Leerlauf entspricht die Anschauung, als ob für die Treibräder die Schwenkung nicht um den für den Lokomotivkörper mafsgebenden Pol, sondern um einen seitlich liegenden vor sich gehe. Er bestimmt sich — ebenso wie bei Fahrzeugen ohne Krafteinwirkung in der Längsachse — aus den Gleichgewichtsgleichungen, in diesem Falle 3, da zu den Gleichungen für die Kräfte senkrecht zur Längsachse und für die Momente noch eine Gleichung für die Längsrichtung hinzukommt (vergl. Abb. 2). Er liegt bei ziehender Lokomotive auf der Aufsenseite, bei bremsender auf der Innenseite des Bogens.

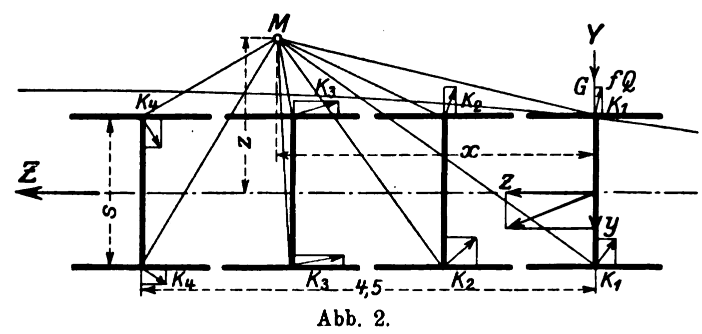


Abb. 2.

Die Abb. 2 stellt die Lage des R.es für eine vierachsige Lokomotive und den Höchstwert der Zugkraft Z von $\sim 6{,}2\,fQ = 9300$ kg für $f = \frac{1}{5}$ und $Q = 7500$ kg dar. Die Entfernung von der Fahrzeuglängsachse ist $z = 1{,}55$ m, von der Vorderachse $x = 2{,}65$ m während bei leerlaufender Lokomotive die Lage durch $z = 0$, $x = 3{,}65$ m gegeben ist. Also nicht nur z, sondern auch x wird durch die Zugkraft beeinflufst. Die Führungskraft Y, bei Leerlauf 3,4 fQ sinkt bei dem angenommenen Zugkraftwert auf $\sim 2{,}0\,fQ$; die Zahlen sind der angeführten Arbeit entnommen.

Auch ein anderer Gedankengang ergibt die Richtigkeit der wiedergegebenen Anschauung: Die Zugkraft ist als äufsere Kraft doch vollständig gleichwertig mit der von der äufseren Schiene ausgehenden führenden Einwirkung. Beide Kräfte lassen sich also zu einer einzigen Kraft zusammensetzen, die dann in

*) Organ 1903, Beilage.

**) Herr Professor Jahn gebraucht die allerdings kürzere Bezeichnung „Pol“ für den Punkt eines Fahrzeugs, um den es sich beim Durchlaufen einer Bahnkrümmung dreht. Dafs eine solche Drehung stattfindet, ist eine geometrische Bedingung. Die Lage dieses Drehpunktes oder genauer der Drehachse wurde früher stets in der Mitte der hinteren Achse eines Fahrzeugs angenommen. Da ich in meiner Abhandlung darlegte, dafs diese Annahme nicht zutreffe, der Punkt vielmehr durch das Gleichgewicht der an der Lokomotive angreifenden Kräfte bestimmt sei, habe ich, den Nachdruck hierauf legend, die Bezeichnung „Reibungsmittelpunkt“ gewählt.

schiefer Richtung an der Lokomotive angreift (s. Abb. 2). Man wird wohl zugeben müssen, dafs für diesen allgemeinen Fall die besondere Lage des R.es auf der Fahrzeuglängsachse nicht beibehalten werden kann. Tatsächlich hat auch ein von mir angestellter und in meiner Abhandlung beschriebener Modellversuch dies bestätigt.

Was die seitliche Verlagerung des R.es anlangt, wie sie von Herrn Professor Jahn aus den von den übrigen Rädern abweichenden Kraftverhältnissen am führenden Rad gefolgert wird, so habe ich in meiner Abhandlung auf Seite 4 (Fufsnote) auf diesen Punkt bereits hingewiesen. Der Einflufs ist bei mehrachsigen Fahrzeugen noch geringer als bei zweiachsigen.

Dazu erhalten wir von Herrn Professor Jahn folgende

Zuschrift.

Ich stimme Herrn Reichsbahnoberrat Uebelacker zu. Zu meiner etwas übereilten Ablehnung veranlafste mich folgende Überlegung: Beim Krümmungslauf tritt an die Stelle der haftenden die gleitende Reibung, die kleiner ist. Wenn eine anfahrende Lokomotive schleudert, so verdoppelt sich, gering geschätzt, ihre Umdrehungszahl. Dabei fällt nach Tabellen von Metzeltin (Hanomag-Nachrichten 1916, Heft 5) die mittlere indizierte Spannung um $\sim 6\,\%$. Also mufs, da ein neuer Gleichgewichtszustand besteht, die Reibungsziffer beim Gleiten um $\sim 6\,\%$ niedriger als beim Rollen sein — also auch selbst in flachster Krümmung die höchste übertragbare Zugkraft. Die verbleibenden $94\,\%$ werden weiter vermindert, denn Herr Uebelacker selbst sagt (S. 11 seiner Arbeit), dafs die »zusätzlichen Gleitungen« mit der Verschiebung des Reibungsmittelpunktes rasch wachsen, so dafs bald wirkliches Schleudern eintreten müsse. Diese starke Verminderung der Zugkraft scheint mir mit der Erfahrung im Widerspruch zu stehen.

Gegenwärtiger Stand der Elektrisierung in Holland.

(Nach dem Bericht von Prof. I. Franco Utrecht auf der Baseler Weltkraftkonferenz.)

Von Reichsbahnrat **Ebert**, Aschaffenburg.

Der Plan auf einigen Hauptstrecken des niederländischen Netzes die elektrische Zugförderung einzurichten wurde nicht, wie in einigen anderen Ländern, gefafst, um Wasserkräfte auszunützen, sondern weil als sicher angenommen wurde, dafs der ansteigende Verkehr dieser Linien besser mittels elektrischer Zugförderung als mittels Dampfzug-Förderung bewältigt werden könne.

Es handelt sich vor allem um die Elektrisierung der Hauptlinie Rotterdam—Amsterdam und deren Fortsetzung über Amsterdam hinaus in östlicher Richtung.

Der Ortsverkehr soll mit Triebwagenzügen und nicht mit Lokomotiven bedient werden. Die Triebwagenzüge sollen drei Klassen für Reisende und ein Gepäckabteil erhalten. Erst nachdem die Triebwagenzüge in Dienst gestellt sind, wird man die Vorbereitungen für den Einsatz geeigneter elektrischer Lokomotiven treffen können, um allmählich von dem gemischten Betrieb auf den rein elektrischen Betrieb überzugehen.

Die wichtige Frage der Wahl der Stromart wurde von einer Kommission und von einem Sachverständigenausschufs geprüft, der vom Minister der öffentlichen Arbeiten und der Eisenbahnverwaltung bestellt worden war. Dieser Ausschufs besuchte die wichtigsten der elektrisierten Strecken in Europa und Nordamerika. Bekanntlich haben die Schweiz, Deutschland und Schweden Einphasenstrom, Frankreich und England Gleichstrom, in Frankreich von 1500 Volt, Italien Drehstrom und teilweise Gleichstrom für die Bahnelektrisierung angewendet. Im Zusammenhang mit der Frage der Stromart erhob sich in den Niederlanden gleichzeitig auch die Frage der Stromlieferung, d. h. es erhob sich die Frage, ob die niederländischen Bahnen eigene Kraftwerke errichten oder schon vorhandene vergröfsern sollten oder ob die Stromlieferung von der allgemeinen Landesversorgung übernommen werden sollte. Aus verschiedenen Gründen kam die Kommission dazu, Gleichstrom von 1500 Volt zu empfehlen. Die Eisenbahnverwaltung nahm diesen Vorschlag an und entschied sich, auf Eigenerzeugung zu verzichten, also den Strom von der allgemeinen Landesversorgung zu beziehen.

Um eine Einheitlichkeit in der Stromart zu erhalten, wurde die seit 1908 schon elektrisch betriebene Strecke Rotterdam—den Haag—Scheveningen der Südholländischen elektrischen Eisenbahn, die für Einphasenstrom von 10000 Volt gebaut war; auf Gleichstrom von 1500 Volt umgestellt.

Im Hinblick auf die zu elektrisierenden Strecken Rotterdam—den Haag—(Scheveningen)—Haarlem—(Ymuiden)—Amsterdam war es erwünscht, die Kraftwerke der Städte Rotterdam und den Haag und diejenigen der Provinzialen und Städtischen Elektrizitäts-Genossenschaft zur Stromlieferung heranzuziehen. Die Eisenbahnverwaltung schlofs mit den drei Unternehmungen Verträge ab, wonach eine geringste Jahresabnahme gewährleistet, der Preis der kWh nach Staffeltarif festgesetzt und die Summe der zu bezahlenden kWh in Abhängigkeit von der Entnahmedauer und der Höchstbelastung als dem Mittel der beiden jährlich vorkommenden gröfsten Belastungen festgestellt wird.

Es sind sieben Unterwerke in Entfernungen von 12 bis 19 km voneinander vorgesehen. Das Unterwerk Schiebroek wird durch das Kraftwerk von Rotterdam, die Unterwerke Delft, den Haag und Leyden werden durch das Kraftwerk den Haag und diejenigen von Lisse, Haarlem und Amsterdam durch die Provinziale und Städtische Elektrizitätsgenossenschaft versorgt werden. Dem Unterwerk Schiebroek wird der Drehstrom mit 6000 Volt, den anderen Unterwerken mit 10000 Volt angeliefert. Das Unterwerk den Haag mufs gleichzeitig auch den Strom für die mit 1100 Volt betriebene Kleinbahn Leyden—den Haag—Scheveningen der Südholländischen Elektrischen Eisenbahn liefern. Dieses Unterwerk hat für diesen Zweck zwei Kaskadenumformer zu je 800 kW.

Die Arbeiten auf dem als Versuchsteilstrecke gedachten Abschnitt Den Haag—Leyden waren zu Anfang 1924 vollendet und im April 1924 begannen die Versuche, nachdem zwei Motorgeneratoren zu je 1000 kW im Unterwerk Den Haag eingebaut waren. Auf Grund der gewonnenen Erfahrungen konnte man daran gehen, die ganze Strecke Amsterdam-Rotterdam zu elektrisieren. Die Arbeit soll im Sommer 1927 vollendet sein. Gleichzeitig war der Umbau der Strecke der Südholländischen Eisenbahn in Angriff genommen und bis 1. April 1926 vollendet worden. Das bahneigene Kraftwerk Leidschendam, das seit 1908 den Strom für diese Bahn geliefert hatte, wurde stillgesetzt. Der erste Abschnitt der Elektrisierung war damit vollendet. Gegenwärtig betreibt man mit Nachdruck den Bau der Fahrleitung von Amsterdam nach Leyden und von den Haag nach Rotterdam, ebenso die Einrichtung der Unterwerke, um bis zum Sommer 1927 fertig zu sein.

Am 1. Juli 1927 war die ganze Strecke Amsterdam—Rotterdam mit einigen Zügen in Betrieb gekommen und am 1. Oktober wird mit dem Winterfahrplan die ganze Elektrisierung vollendet und im Betrieb sein.

Wegen der Ausstattung der Unterwerke mit Umformern stand man in der Wahl, ob Motorgeneratoren oder Quecksilberdampfgleichrichter zweckmäfsiger seien. Hinsichtlich der Motorgeneratoren standen ausgeprobte Bauarten mit hinreichender Betriebssicherheit zur Verfügung, während anderseits die Gleichrichter grofse Vorzüge für den elektrischen Zugbetrieb für sich in Anspruch nehmen konnten: einfache Handhabung, geringe Bedienungskosten, geringes Gewicht und geräuschlosen Lauf.

Zunächst dachte man daran, alle Unterwerke mit Quecksilberdampfgleichrichtern auszurüsten und aufserdem die drei Unterwerke den Haag, Lisse und Amsterdam mit je zwei Motorgeneratoren, die in der Lage gewesen wären bei Ausfall der Gleichrichter den Dienst zu übernehmen. Auf diese Weise hätte jedes zweitfolgende Unterwerk einen Betriebsrückhalt von zwei Motorgeneratoren besessen. Man gewann jedoch aus den Erfahrungen mit den seit April 1926 im Betrieb stehenden Unterwerken den Haag, das aufser den zwei Kaskadenumformern von je 800 kW und 1100 Volt mit zwei Motorgeneratoren von je 1000 kW und 1500 Volt und einen Quecksilberdampfgleichrichter ausgerüstet worden war, und Schiebroek, das drei Quecksilberdampfgleichrichter erhalten hatte, die Überzeugung, dafs die Gleichrichter vollkommen betriebssicher seien. Infolgedessen konnten alle Unterwerke einheitlich nach gleichem Plan mit einer Ausrüstung von drei Gleichrichtereinheiten errichtet werden. Das Unterwerk Schiebroek ist als selbsttätiges Werk gebaut worden mit dem Erfolg, dafs man allmählich auch die anderen Unterwerke mit den erforderlichen Einrichtungen ausstatten will, um an Betriebskosten zu sparen.

Als Grundlage für die Bemessung der Fahrleitung den Haag-Leyden legte man die Stromentnahme für einen Zug von 600 t und 100 km Höchstgeschwindigkeit fest. Für die Beförderung eines solchen Zuges mufs die Lokomotive etwa 2000 PS, gemessen an den Triebrädern, entwickeln, so dafs bei einer mittleren Spannung von 1350 Volt sich eine Entnahmestromstärke von etwa 1200 Amp. ergibt. Unter Voraussetzung von zwei Stromabnehmern mit je zwei Gleitstücken und einem Anprefsdruck von 14 kg gegen die Leitung, errechnete sich ein erforderlicher Querschnitt von 2×100 qmm. Für den geplanten Dienst mit Triebwagenzügen zu fünf Wagen kann die mittlere stündliche Belastung auf etwa 900 kW geschätzt werden. Immerhin kann die Höchstbelastung auf das Dreifache dieses mittleren Wertes ansteigen, besonders wenn Triebwagenzüge zu zehn Wagen oder schwerere Züge mit Lokomotiven verkehren sollten. Man sah daher die Möglichkeit vor auf den Masten zwei Hilfsleitungen von je 120 qmm anzubringen, so dafs also im Bedürfnisfall der Gesamtquerschnitt von 460 qmm auf 940 qmm erhöht werden kann. Aufserdem tragen die Masten, wo es nötig ist, die Drehstromleitung von 10000 Volt, die die Unterwerke versorgen.

Während auf der Strecke den Haag-Leyden verschiedene Fahrdrahtaufhängungen zu Versuchszwecken gebaut worden sind, wurde für die Folge die parallele Zickzackaufhängung mit einer Entfernung von 10 cm der beiden Fahrdrähte ausgeführt. Wegen der besseren Sicht über die Strecke werden die Maste als Gittermaste gebaut. Obgleich die Mastfundamente leichter ausfallen würden, wenn die Maste der Doppelbahn durch Querträger verbunden würden, hat man es vorgezogen die Fahrdrähte frei über den Gleisen zu spannen, damit im Falle einer Beschädigung durch Entgleisung der Betrieb nicht auf beiden Gleisen gestört ist. Bemerkenswert ist noch, dafs die Eisenmaste nicht gestrichen, sondern nach dem Verfahren von Schoop mit Zink überzogen sind. Diese Mafsnahme verfolgt den Zweck, die hohen Kosten der Anstricherneuerung zu sparen und die Störungen und Gefahren des Anstreichens im Betrieb zu vermeiden.

Wie schon gesagt soll der Verkehr auf der Strecke Amsterdam-Rotterdam durch Triebwagenzüge, und zwar von drei Wagen und je einem Triebwagen vorn und hinten bedient werden. Die Wagen führen entweder erste, zweite oder dritte Klasse, aber nicht gemischt. Die gewöhnliche Zusammenstellung des Zuges soll sein: zuerst ein Triebwagen mit zweiter Klasse und Gepäckabteil, dann je ein Wagen zweiter, erster, dritter Klasse und schliefslich ein Triebwagen mit dritter Klasse. Der Zug bietet 322 Sitzplätze und 120 Stehplätze. Das Gewicht eines Triebwagens beträgt etwa 60 t, das eines Wagens 40 t, so dafs also der ganze Zug ungefähr 240 t wiegt. Das Gewicht je Sitzplatz rechnet sich zu 750 kg. Für einen Dampfzug gleicher Sitzzahl rechnet sich (einschliefslich Lokomotive) das Gewicht je Sitzplatz zu 950 kg. Die Züge werden die Strecke Amsterdam-Rotterdam (86 km), bei fünf Aufenthalten, in 66 Minuten zurücklegen. Die Beschleunigung auf der Geraden wird so grofs sein, dafs in drei Minuten die Geschwindigkeit von 0 auf 95 km/Std. gebracht werden kann. Jeder Triebwagen wird vier Motoren erhalten mit einer Stundenleistung von je 190 PS. Es ist die Möglichkeit vorgesehen zwei Züge zu einem Zuge von zehn Wagen zu vereinigen.

Um von der Fahrdrahtspannung unabhängig zu sein, werden die Züge durch eine besondere Lichtmaschine in Verbindung mit einer Batterie beleuchtet. Die Züge sollen auch elektrisch beheizt werden mit Heizkörpern von 450 W. und 1500 Volt. Jeder Wagen erhält 32 Heizvorrichtungen, die in zwei Gruppen verteilt angeordnet sind. Die Heizkörper jeder Gruppe sind in Reihe geschaltet. Alle Wagen haben gleiche Länge, nämlich 19,80 m über Puffer. Der Abstand der beiden amerikanischen Drehgestelle beträgt 13 m. Ein Teil der Triebwagen wird mit Kolbenluftpumpen, ein anderer mit Turboluftpumpen ausgerüstet. Die Züge erhalten eine kräftige und raschwirkende Bremse, Bauart Westinghouse. Jeder Wagen wird mit zwei Bremszylindern ausgestattet, die einen Bremsklotzdruck von 130% des Wagengewichtes geben. Die Tatsache, dafs mit abnehmender Geschwindigkeit die Reibung zwischen Rad und Bremsklotz zunimmt, wird benützt, um die Bremsklotzaufhängung auf einen Druckregler wirken zu lassen, der aus einem der beiden Bremszylinder Luft entweichen läfst. Auf diese Weise wird erreicht, dafs die Bremskraft zu Ende der Bremsung nur mehr 65% des Wagengewichtes beträgt. Die Versuche haben gezeigt, dafs bei Bremsung eines Zuges von 100 km/Std. der Bremsweg von 540 m auf 450 m und die Bremszeit von 38 Sek. auf 28 Sek. zurückgeht.

Wenn mit der Einführung der elektrischen Zugförderung auf den genannten Strecken gute Erfahrungen gemacht werden, sollen noch weitere Linien auf elektrischen Betrieb umgestellt werden.

Berichte.

Lokomotiven und Wagen.

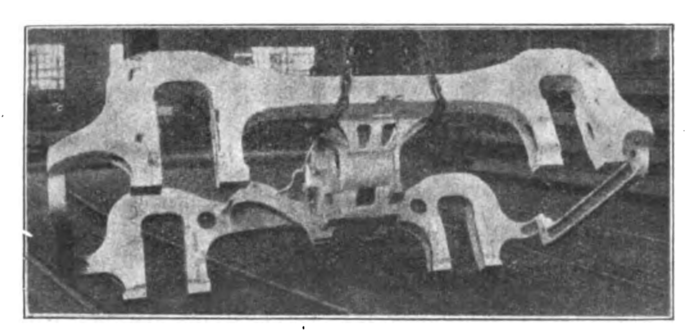
D-h 2 Verschiebelokomotive der Terminal Railroad of St. Louis mit neuartigem Rahmen und Tender.

Drehgestelle, Lokomotiv- und Tenderrahmen, die in einem Stück aus Stahlgufs hergestellt sind, hat man in der letzten Zeit in Amerika schon mehrfach verwendet. Jetzt ist man bei der genannten Lokomotive noch weiter gegangen und hat auch die Zylinder an den Rahmen angegossen. Es bilden also die Rahmenwangen, die Querverstrebungen, Pufferträger und Zugkasten mit den Dampfzylindern, Schiebern, Einströmstutzen und dem Kesselsattel ein einziges Stahlgufsstück. Dieses eine Gufsstück, das in der Textabbildung dargestellt ist, soll 30 Teile der früheren Bauart ersetzen, 3 t leichter und dabei etwa viermal so widerstandsfähig sein.

Die neue Lokomotive hat ein Reibungsgewicht von 111 t und entwickelt Zugkräfte bis 27000 kg. Ein Hulson-Schüttelrost ermöglicht lange Dienstschichten ohne Feuerreinigen; in einem Fall soll dies sogar erst nach 30 Tagen erforderlich gewesen sein.

Auch der Tender weist eine ganz neue Ausführung auf. Man hat sich auch hier nicht damit begnügt, das Untergestell aus Stahlgufs herzustellen und den Kasten besonders aufzusetzen, sondern man hat sämtliche Tenderteile, die Seiten- und Stirnwände, die Decke

und alle sonst angeschraubten oder vernieteten Teile durch Schweifsung mit dem gegossenen Untergestell verbunden. so dafs tatsächlich der ganze Tenderkasten aus einem Stück besteht und keinerlei Schrauben- oder Nietverbindungen aufweist. Bei einem Fassungsvermögen von 37,8 m^3 Wasser und 11,5 t Kohle wiegt der ganze Tender leer nur 27 t, was nicht nur für amerikanische Verhältnisse, sondern ganz allgemein bemerkenswert wenig ist.



In einem Stück gegossener Lokomotivrahmen mit angegossenen Zylindern.

Die Herstellung der grofsen Stahlgufsteile setzt natürlich sehr gut eingerichtete Giefsereien voraus und es scheint auch in Amerika vorerst nur die Commonwealth Steel Company sich daran zu wagen. Bei Ausbesserungsarbeiten an solchen Teilen wird man allerdings weitestgehend auf die Schweifsung angewiesen sein, was jedoch z. Z. kaum mehr Schwierigkeiten machen wird. R. D.

(Railw. Age 1926, 2. Halbj., Nr. 18.)

Ergebnisse von Indizierversuchen an Lokomotiven bei Leerlauf.

Von Zeit zu Zeit werden von der Reichsbahn-Gesellschaft dem Lokomotivpersonal, teils durch schriftliche Verfügungen, teils durch mündliche Unterweisungen der unmittelbaren Vorgesetzten, neue Vorschriften über die günstigste und wirtschaftlichste Ausnutzung der Dampflokomotiven gegeben. Die Lokomotivführer sollen dadurch dazu angehalten werden, nach Möglichkeit mit der vorteilhaftesten Zylinderfüllung zu fahren. Aus wirtschaftlichen Gründen ist dagegen nichts einzuwenden, obwohl jeder gewissenhafte Lokomotivführer versucht, aus der ihm zuerteilten Lokomotive unter Berücksichtigung des sparsamsten Materialverbrauchs das herauszuholen, was mit ihr geleistet werden kann. Durch Einführung der Kohlenprämien wird ohnehin ein möglichst sparsamer Brennstoffverbrauch gewährleistet. Es läfst sich aber sehr schwer eine allgemeine Formel dafür aufstellen, wann die Lokomotive mit 10, 20 oder 30 v. H. Füllungsgrad zu fahren ist. Beispielsweise liefsen sich die ersten von dem Schichauwerk, Elbing gebauten P 8 Lokomotiven, welche Schieber mit doppelter Einströmung hatten, mit verhältnismäfsig kleinerer Füllung fahren. Bei den neueren Lokomotiven dieser Gattung mufste der Füllungsgrad bei sonst gleicher Leistung vergröfsert werden.

Es ist allgemein bekannt, dafs zwei gleiche Lokomotiven einer Gattung, von ein und derselben Lokomotivfabrik, verschiedenen Dampfverbrauch bei gleichen Leistungen haben. Die eine läuft schwer an und benötigt deshalb einen höheren mittleren indizierten Dampfdruck schon beim Leerlauf, während die andere bei sonst gleicher Füllung aber kleinerer Regleröffnung leichter anfährt und entsprechend eine kleinere mittlere Spannung benötigt.

Die nachstehend erwähnten, neu ausgebesserten Lokomotiven haben dieselben Kolben, Schieber und Schieberbüchsen und weichen trotzdem im Lauf voneinander ab. Bei den Versuchsfahrten mit diesen Lokomotiven sollten beim Indizieren besonders Diagramme mit 20 und 30 v. H. Füllung aufgenommen werden. Die Probefahrten wurden auf fast horizontaler Strecke bei Leerlauf vorgenommen.

Abb. 1. P 8 Lokomotiven Nr. 38—2970. Dieses Diagramm ist bei 90 km/h Geschwindigkeit aufgenommen worden, wobei die Füllung 10 v. H. betrug. Nach 3 km Lauf fiel die Geschwindigkeit auf 80 km. Hierauf wurde die Füllung auf 20 v. H. erhöht; die Geschwindigkeit blieb bis auf 4 km Fahrtlänge unverändert und fiel dann etwas. Bei Vergröfserung der Füllung auf 25 v. H. erhöhte sich die Geschwindigkeit während der nächsten 4 bis 5 km von 80 auf 85 km/h. Der Regler war während der ganzen Fahrt vollständig geöffnet. Wenn nun diese Lokomotive für ihre eigene Fortbewegung 25 v. H. Füllung erfordert, erscheint es ausgeschlossen, bei diesem günstigen Füllungsgrad auch noch eine Wagenlast mit gleicher Geschwindigkeit zu befördern.

Abb. 2. P 8 Lokomotiven Nr. 38—3396. Bei 10 v. H. Füllung stieg die Geschwindigkeit von 80 auf 85 km nach 3 km Entfernung. Die Füllung wurde nun auf 5 v. H. erniedrigt, trotzdem stieg die Geschwindigkeit während der nächsten 5 km sogar auf 90 km. Bei Mittel- oder Nullstellung der Steuerung blieb die Geschwindigkeit auf 90 km/h bestehen. Es genügte also für die Fortbewegung der Lokomotive mit 90 km Stundengeschwindigkeit die unveränderliche Schieberbewegung bei 5 mm linearer Voreilung entsprechend der gleichen Einströmkanalöffnung.

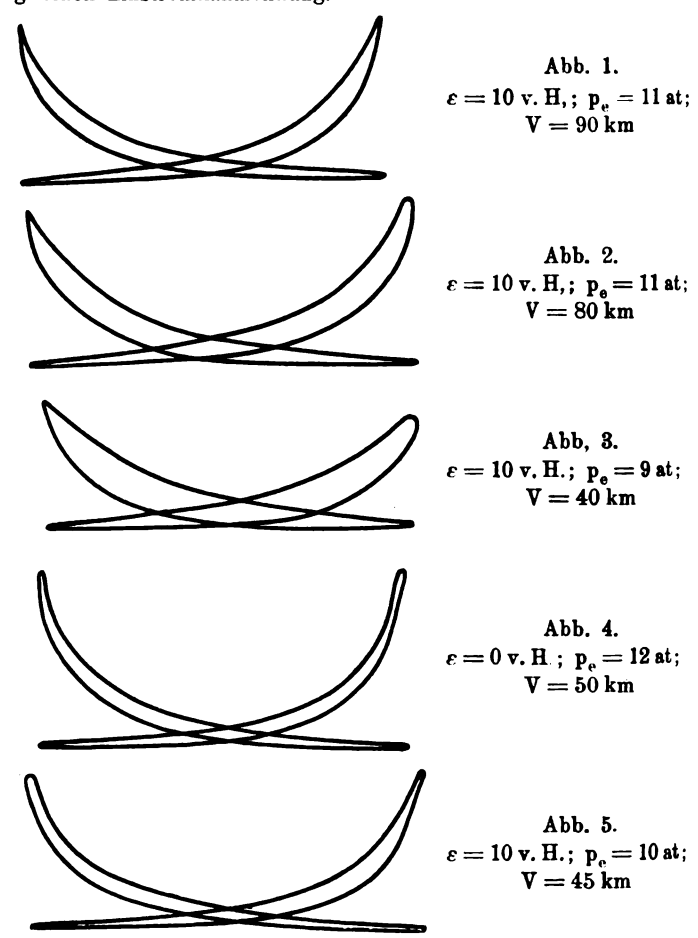


Abb. 1. $\varepsilon = 10$ v. H.; $p_e = 11$ at; $V = 90$ km

Abb. 2. $\varepsilon = 10$ v. H.; $p_e = 11$ at; $V = 80$ km

Abb. 3. $\varepsilon = 10$ v. H.; $p_e = 9$ at; $V = 40$ km

Abb. 4. $\varepsilon = 0$ v. H.; $p_e = 12$ at; $V = 50$ km

Abb. 5. $\varepsilon = 10$ v. H.; $p_e = 10$ at; $V = 45$ km

Abb. 3. Lokomotive Nr. 5153 Magdeburg. Auf 2 km Strecke stieg die Geschwindigkeit von 40 auf 45 km bei 10 v. H. Füllung. Nach weiteren 4 km stieg die Geschwindigkeit auf 50 km bei Verminderung der Füllung auf 5 v. H. Selbst bei Nullstellung nahm die Geschwindigkeit noch etwas zu.

Abb. 4 zeigt ein Diagramm bei Nullstellung der Steuerung der vorgenannten Lokomotive.

Abb 5. Lokomotive Nr. 4891 Köln. Bei 10 v. H. Füllung betrug die Geschwindigkeit etwa 45 km/h und blieb 3 km unverändert, dann fiel sie etwas. Erst bei 25 v. H. stieg sie wieder auf 50 km bei 2 km Entfernung.

Aus den Diagrammen ist ersichtlich, dafs die Lokomotiven, trotz gleicher Bauart, verschieden im Lauf sind. Der Lokomotivführer hat es an der Hand, seine Lokomotive darauf zu untersuchen, wie sie am besten läuft und am wirtschaftlichsten arbeitet. Es ist deshalb auch nicht immer angebracht, den Lokomotivführer nach den Leistungen und dem Materialverbrauch der ihm anvertrauten Lokomotive zu beurteilen. Einige Führer haben das Glück, eine sparsame Lokomotive zugeteilt zu bekommen, während andere wieder schwer anfahrende Lokomotiven haben, bei denen mit dem besten Willen keine günstigen Zahlen erzielt werden können. Konstrukteur und Betriebsmann haben sich schon bemüht, die Lokomotiven so zu bauen, dafs beide Lokomotivseiten genau gleichmäfsig arbeiten, jedoch ohne Erfolg. Noch viel weniger gelingt es, Lokomotiven einer Gattung mit genau gleicher Leistung herzustellen. Solange es Dampflokomotiven geben wird, wird dieser Übelstand kaum überwunden werden können. E. H.

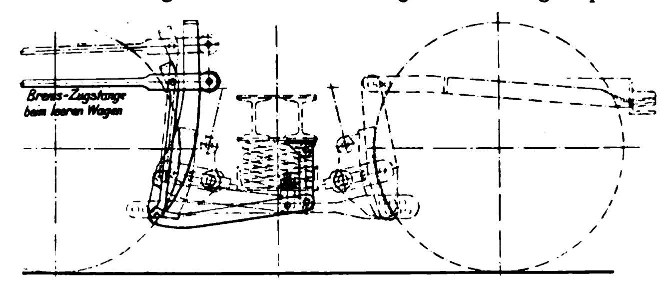
Selbsttätige Kupplung in Japan.

Über Einführung der selbsttätigen Kupplung in Japan wurde im Organ 1926 Heft 8, S. 155 berichtet. Über die inzwischen festgestellten Ergebnisse ist dem Wjestnik Putej Soobschenja 1926 Nr. 65 zu entnehmen: in Stationen japanischer Bahnen waren früher 4903 Mann mit dem Kuppeln der Wagen beschäftigt. Nach der Einführung der selbsttätigen Kupplung erniedrigte sich diese Zahl auf 583 d. i. auf 14 v. H. der ursprünglichen. Im Verlaufe der ersten acht Monate nach der Einführung der neuen Kupplung sank die Zahl der mit der Kupplung in Beziehung stehenden Unglücksfälle auf 19 gegenüber 150 des entsprechenden Zeitraumes 1924 vor Einführung der neuen Kupplung. Die Unglücksfälle gingen also auf 12,7 v. H. der ursprünglichen Zahl zurück. Dr. S.

Bremsdruckregler für Güterwagen.

Die nebenstehend abgebildete Vorrichtung ist bei den Staatsbahnen von Neu Süd-Wales an vierachsigen Güterwagen eingebaut. Sie soll für jede Belastung des Wagens selbsttätig den erforderlichen Bremsdruck einstellen.

Die Wirkung der Vorrichtung beruht — wie dies auch sonst schon versucht worden ist — auf der Zusammendrückung der Tragfedern, d. h. hier der Wiegenfedern. Sobald diese belastet werden, wird der kurze Arm des wagrechten Hebels nach unten, der lange Arm nach oben gedrückt und damit zugleich der Angriffspunkt für



Bremsdruckregler für Güterwagen.

die Bremszugstange verschoben. Da jedoch in Wirklichkeit die Tragfedern und vor allem die im vorliegenden Fall verwendeten Wickelfedern, einem ständigen Spiel unterworfen sind und auch mitunter ermatten werden, wird diese Vorrichtung nicht unbedingt zuverlässig arbeiten. R. D.

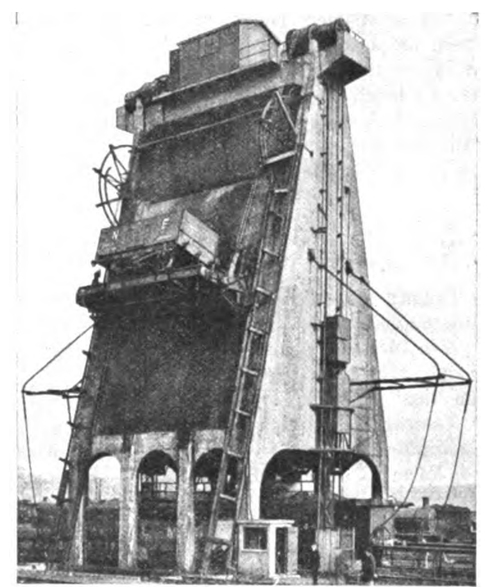
(The Railw. Eng. 1926, September.)

Bahnhöfe nebst Ausstattung, Lokomotivbehandlungsanlagen.

Die neue Bekohlungs- und Besandungsanlage in Doncaster.

In der Betriebswerkstätte Doncaster der London und North Eastern Linie ist eine neuartige Bekohlungs- und Besandungsanlage in Betrieb genommen worden (siehe Abb.). Die Anlage hebt Kohlenwagen von 20 t auf eine Höhe von mehr als 18 m über S.-O., von wo aus die Kohle in einen Bunker von 500 t Fassungsvermögen gestürzt wird. Der Bunker ist unterteilt für zwei Sorten Kohlen und aufserdem sind besondere Bunker vorgesehen für die Aufnahme von 20 t trockenem Sand. Der beladene Kohlenwagen wird vom Zuge losgekuppelt und läuft auf eine Art Wiege unmittelbar am Bekohlungsturm, die Wiege dreht sich ein wenig, der Wagen neigt sich schwach seitwärts und lehnt sich in seiner ganzen Länge gegen eine seitliche Unterstützung, die den Wagen gleichzeitig so hält, dafs er nicht entlaufen kann. In dieser Stellung wird er hochgehoben bis über den Kohlenbunker. Die Wiege wird auf der inneren Seite festgestellt und dann weitergedreht, so dafs der Wagen soweit kippt, bis die Kohle entladen ist. Während des Kippens legt sich der Wagen gegen einen kräftigen Eisenbalken, so dafs er nicht abstürzen kann. Wenn der Wagen entleert ist, beginnt die rückläufige Bewegung. Das Heben, Kippen und Ablassen eines Wagens beansprucht weniger als 4 Minuten, so dafs stündlich 240 t Kohlen in den Bunker geworfen werden können. Der Bunker ist in Eisenbeton gebaut und besitzt 12 Schurren für die Abgabe der Kohlen an die Lokomotiven. Die Bauart ist sehr gedrängt und beansprucht wenig Grundfläche. Der Bekohlungsturm überspannt zwei Lokomotivgleise und besitzt eine Länge in Richtung der Gleisachsen von wenig mehr als einer Wagenlänge. Der Bunker ist in 2 Stunden gefüllt und ein Mann genügt, um alle Lokomotiven zu bekohlen. Der Kraftbedarf für das Heben des Wagens ist gering, da die Wiege, der Wagen und ein Teil der Ladung durch Gegengewichte ausgeglichen sind.

Der Sand wird aus dem Wagen in einen Trockner entleert, von wo er mit Prefsluft zu zwei Bunkern hochgedrückt wird, die an beiden Seiten des Turmes angeordnet sind. Sand und Kohle kann gleichzeitig an die Lokomotiven abgegeben werden.



Ansicht der mechanischen Bekohlungs- und Besandungsanlage in Doncaster.

Wegen der günstigen Erfahrungen ist eine gröfsere Zahl von Bekohlungsanlagen der genannten Art in Bau genommen worden.

Railw. Eng. Nov. 1926. Eb.

Buchbesprechungen.

Hütte, Des Ingenieurs Taschenbuch. 25. Auflage, 4 Band, Berlin 1927, Verlag Wilhelm Ernst und Sohn. Preis in Leinwand 15.00 RM.

Zur Vorstellung zunächst eine einfache Aufzählung von Stichworten. Der Band umfafst: Verkehrstechnik (Schiffbau und Schiffsmaschinenbau, Automobilbau, Flugzeugbau), Bergbau und Bohrtechnik, Aufbereitung und Hartmüllerei, Landwirtschaft, Nahrungsmittel- und verwandte Gewerbe, Forstwirtschaftstechnik, Häute- und Lederverarbeitung, Faserstoff- und Papiertechnik, Keramik und Glas, Gastechnik, Graphische Technik, Kinotechnik, Radiotechnik, Verpackungstechnik.

Der Band ist offenbar eine Nachlese, aber eine von besonderer Art. Man kann sich diesen 4. Band recht wohl so entstanden denken, dafs man nach Abschlufs der gewohnten drei Bände sozusagen eine Inventur über den gegenwärtigen Stand der Technik gemacht hat. Hierbei hat sich dann die Notwendigkeit des 4. Bandes herausgestellt. Also erst mit ihm haben wir ein volles Gegenwartsbild. Dafs man dabei den vererbten, gesicherten Altbesitz von den beweglicheren Neuerwerbungen getrennt hat, ist sicher nur klug. Denn es kann leicht die Notwendigkeit eintreten, von diesem Bande häufiger eine neue Auflage herauszubringen als von den übrigen, geruhigeren. Man kann diesen 4. Band auch als eine Art Absatzbecken betrachten, durch den neueste Stoffe, drängende Tagesfragen erst hindurch müssen, ehe ihnen ihre endgültige Stellung angewiesen wird. Deshalb ist es denn auch ganz natürlich, dafs der Inhalt etwas bunt ist, ja dafs einiges darunter ist, was früher mancher Ingenieur als „ungünstig“ abgelehnt hätte. In diesem Sinne stellt der vorliegende Band eine Erweiterung des Arbeitsgebietes für den Maschineningenieur dar; die neu angeschlagenen Quellen werden sich sicher als sehr ergiebig herausstellen.

Die Behandlung des Stoffes entspricht durchaus den Über-

lieferungen der „Hütte". Man braucht z. B. nur den Abschnitt Radiotechnik mit dem zu vergleichen, was sonst geschäftige Federn über den Rundfunk herausbringen, um zu erkennen, daſs man in der „Hütte" festen Boden unter den Füſsen hat. Dabei war es für den ganzen 4. Band nicht leicht, den Stoff zu gewinnen und zu sichten. In dem Verzeichnis des Schrifttums, das dankenswerterweise jedem Abschnitt als Leitseil vorangestellt ist, findet sich mehr als einmal der Hinweis, daſs es an zusammenfassenden Darstellungen des betreffenden Gebietes noch fast völlig fehlt. Alles in allem stellt also der vorliegende Band einen erfreulichen Beweis für die Lebenskraft und den Fortschrittswillen der „Hütte" dar; und das ist wohl das Beste, was man einer Jubiläumsausgabe zum Lobe sagen kann.

Dr. Bloſs.

C. Kersten: **„Freitragende Holzbauten"**. Zweite, völlig umgearbeitete und stark erweiterte Auflage. Verlag Julius Springer, Berlin. Gebunden 36,— Mk.

Die Verwendung des Holzes als Hauptbaustoff für weitgespannte Tragwerke und die möglichst günstige Ausnützung seiner Festigkeitseigenschaften ist in hohem Maſse abhängig von der Güte und Zweckmäſsigkeit der Verbindung der einzelnen Bauglieder. Die Lösung dieser Aufgabe ist in mannigfachster Weise versucht worden, ohne daſs es bisher gelungen wäre, „die Lösung" zu finden, die allen gestellten Anforderungen vollkommen entspricht. Es ist daher dankbar zu begrüſsen, daſs im vorliegenden Werk alle in Deutschland vorkommenden Bauweisen für freitragende Holzbauten übersichtlich zusammengestellt werden konnten, wozu dem Verfasser mehr als 30 der namhaftesten deutschen Holzbaufirmen unter Beiseitestellung der Rücksichten auf den Wettbewerb, Zeichnungen, Lichtbilder und sonstige Unterlagen zur Verfügung gestellt haben.

Die vorliegende zweite Auflage bringt auf 340 Seiten Text mit 742 zum gröſsten Teil neuen Abbildungen eine erschöpfende Darstellung der auf dem Gebiete des Holzbaues vorliegenden Bauweisen. Nach eingehender Erörterung der Vor- und Nachteile der Holztragwerke gegenüber anderen Baustoffen und einem kurzen geschichtlichen Abriſs ihrer Entwicklung werden im ersten Abschnitt die Stabverbindungen an den Fachwerksknoten und die dabei verwendeten Verbindungsmittel — Schraubenbolzen, Stab-, Scheiben- und Ringdübel — unter Bekanntgabe der Ergebnisse von Festigkeits- und Belastungsversuchen besprochen. Hieran schlieſst sich die Erörterung der Ausführungsweise der verschiedenen Formen gegliederter Fachwerkträger, der Balkenträger mit rechteckigem und I-förmigem Ausschnitt, der Bogen- und Rahmenbinder mit voller oder gegliederter Wand und endlich die der binderlosen Wölbdächer, sowie die Herstellung in der Werkstatt und den Zusammenbau auf der Baustelle. Der zweite, umfangreichste Abschnitt bringt die Beschreibung einer groſsen Zahl ausgeführter Beispiele aus den verschiedensten Anwendungsgebieten mit daraus abzuleitenden Konstruktionsregeln. Im dritten Abschnitt sind schlieſslich kurz gedrängt die wesentlichsten Eigenschaften des Bauholzes und seine zulässigen Beanspruchungen nach den bisher geltenden Vorschriften angegeben, wobei nur leider die inzwischen erschienenen amtlichenen Vorschriften der Deutschen Reichsbahn noch nicht berücksichtigt werden konnten. Immerhin darf wohl gesagt werden, daſs das vorliegende Werk ein vorzügliches Hilfsmittel für den Konstrukteur bildet, das jedenfalls dazu beitragen wird, die Ausbildung der weitgespannten Holztragwerke zu fördern und damit den Belangen der Holzbaufirmen sowohl, als auch der Allgemeinheit zu dienen.

Karig.

Die Zuständigkeiten der Beschaffungsstellen im Verwaltungsgebiet der Deutschen Reichsbahn-Gesellschaft. Zusammengestellt und erläutert von Dr. Karl Koch. Berlin 1927, Verlag Guido Hackebeil A.-G. 4°, VI und 28 S. Preis brosch. RM. 4.—

Das Heft ist für die Lieferanten der D. R. G. bestimmt und wird wohl einem weitgreifenden Bedürfnis gerecht, da es für den auſserhalb der D. R. G. stehenden Interessenten bisher schwer war, sich in der verwickelten Zuständigkeitsorganisation zurecht zu finden.

Verschiedenes.

Die dritte Tagung der Studiengesellschaft für Rangiertechnik.

Die Studiengesellschaft für Rangiertechnik hat am 2. und 3. Juni 1927 ihre dritte Tagung unter dem Vorsitz von Herrn Professor Dr. Ing. Blum in Dresden abgehalten.

Zwischen den Beratungen wurde ein fesselnder und wohldurchdachter Vortrag des Herrn Reichsbahnrat Dr. Ing. Frohne über „Gefällbahnhöfe" eingeschaltet. Teile dieses Vortrages sind in ausführlicherer Form in dem im Heft 13, Seite 238, sowie in diesem Heft veröffentlichten Aufsatz wiedergegeben.

Die Hauptversammlung am 3. Juni brachte als wesentlichsten Punkt der Besprechung die Berichte der Sonderausschüsse. Folgende Einzelheiten verdienen hervorgehoben zu werden:

Der Sonderausschuſs 1 hat das Problem der Mechanisierung des Ablaufgeschäftes in Angriff genommen.

Der Sonderausschuſs 2 wird zunächst die bisherigen theoretischen Veröffentlichungen über Ablauf und Profilgestaltung kritisch durcharbeiten und eine für die weiteren Arbeiten der Studiengesellschaft maſsgebende Theorie — gegebenenfalls mit Varianten in der Einzelbehandlung — herausschälen.

Der Sonderausschuſs 3 gab einen Bericht über die Begutachtung der Wirbelstromgleisbremse, bei der hervorragende elektrotechnische Gutachter hinzugezogen worden waren. Die Mitgliederversammlung beschloſs, der Hauptverwaltung der Deutschen Reichsbahn-Gesellschaft eine Versuchsausführung zu empfehlen, um Wirtschaftlichkeit und technische Wertigkeit dieser neuen Bremsbauart festzustellen.

Ferner bearbeitet dieser Ausschuſs eine Denkschrift über die Beanspruchung des Wagenmaterials durch Gleisbremsen, und stellt Richtlinien für die Berechnung und konstruktive Durchbildung der ferngesteuerten mechanischen Gleisbremsen auf.

Der Sonderausschuſs 4 behandelt die Mechanisierung des Beidrückens in den Richtungsgleisen. Die Notwendigkeit der Verringerung der Beidrückzeiten für eine Leistungssteigerung der Verschiebebahnhöfe ist voll erkannt, der Sonderausschuſs wird zielbewuſst an der Lösung dieses Problems mitwirken.

Der Sonderausschuſs 5, dessen Arbeitsgebiet die Weichenbedienung ist, hat zunächst die Forderung des Betriebes festgestellt und versucht es, die Erfahrung auf den modernen Bahnhöfen für die Aufstellung einheitlicher Richtlinien nutzbar zu machen.

Der Sonderausschuſs 6 „für Verständigung" stellt zunächst in den Mittelpunkt seiner Erörterungen den Rangierzettel. Nach arbeitswissenschaftlichen Grundsätzen wird zunächst untersucht: Wer soll den Rangierzettel aufstellen? Wie soll er aufgestellt werden? Wie soll die Vervielfältigung, wie die Verteilung erfolgen? Im übrigen wird es das Ziel dieses Ausschusses sein, das weitverzweigte und zersplitterte Gebiet der Verständigungsmittel mit dem Bestreben, durchzuarbeiten, eine „Verdichtung auf bestimmte Apparate" zu erzielen.

Der Sonderausschuſs 7 verfolgt die Fortbildung der Betriebsweise und die Fortschritte der Mechanisierung des Rangierdienstes im Ausland. Der Ausschuſs gab einen zusammenhängenden Bericht über den Stand der Rangiertechnik in Amerika, England und Frankreich.

Alles in allem kann zusammenfassend gesagt werden, daſs die Studiengesellschaft für Rangiertechnik auf das eifrigste bestrebt ist, alle Probleme der Rangiertechnik, die für eine weitausgreifende Förderung der Rationalisierung der Verschiebebahnhöfe von Bedeutung sind, im Zusammenhang durchzuarbeiten, um ihre praktische Lösung zu fördern. Hierbei ist von groſsem Wert, daſs die Studiengesellschaft in allen ihren Arbeiten dem wissenschaftlichen Geist den Vorrang läſst zur Vertiefung der Forschung und zur Erringung eines nachhaltigen Erfolges.

G.

Verkehrstechnische Woche 1927, Heft 25 v. 22. 6. 27.

Für die Schriftleitung verantwortlich: Reichsbahnoberrat Dr. Ing. H. Uebelacker in Nürnberg. — C. W. Kreidel's Verlag in München.
Druck von Carl Ritter, G. m. b. H. in Wiesbaden.



Gefällsbahnhöfen.

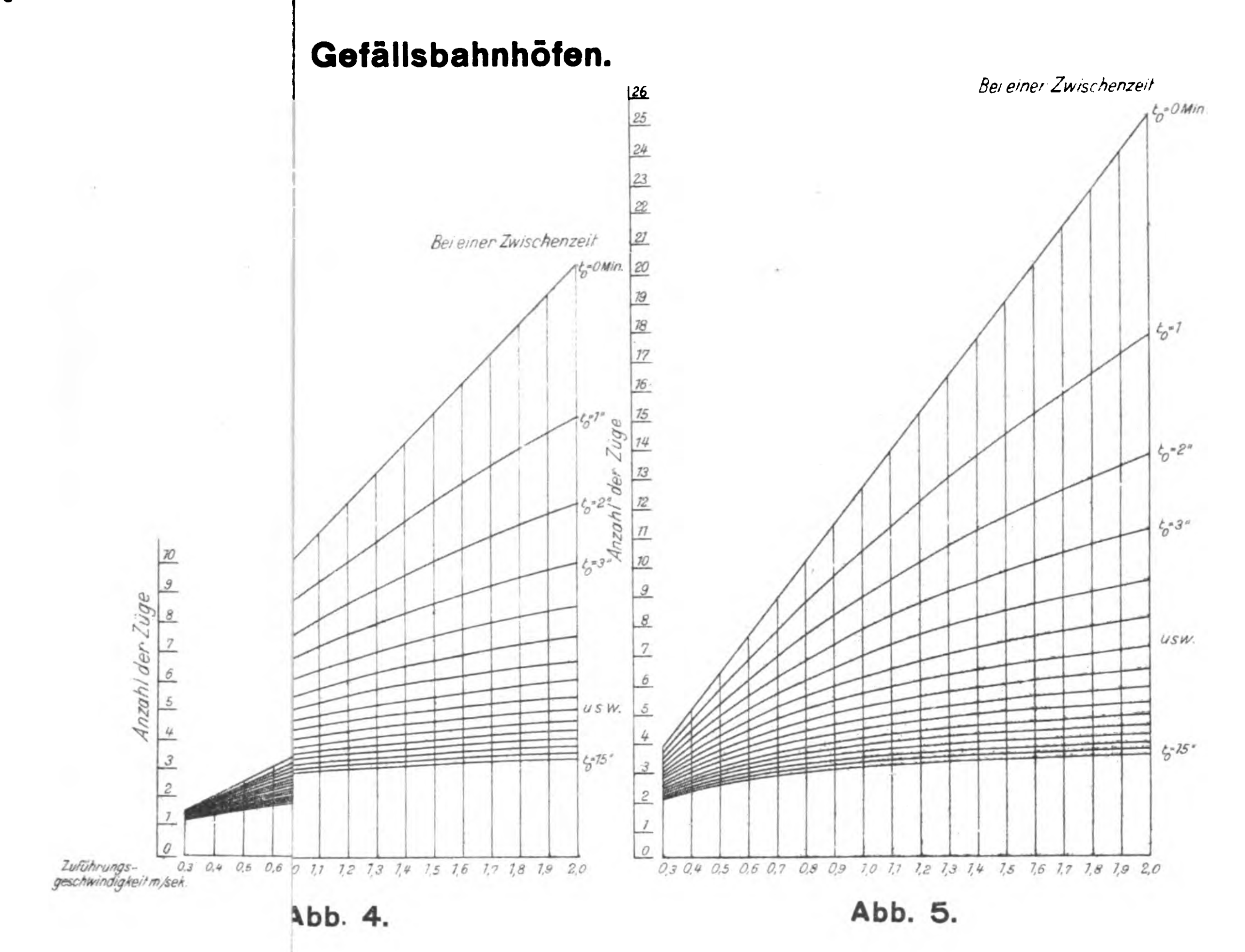


Abb. 4.

Abb. 5.

Abb. 9.

Abb. 10.

C. W. Kreidel's Verlag, München

Lith. Anst. v. F. Wirtz, Darmstadt.

1927
82. Jahrgang.

Heft 15
15. August

ORGAN
FÜR DIE
FORTSCHRITTE DES EISENBAHNWESENS

TECHNISCHES FACHBLATT
DES VEREINS DEUTSCHER
EISENBAHNVERWALTUNGEN



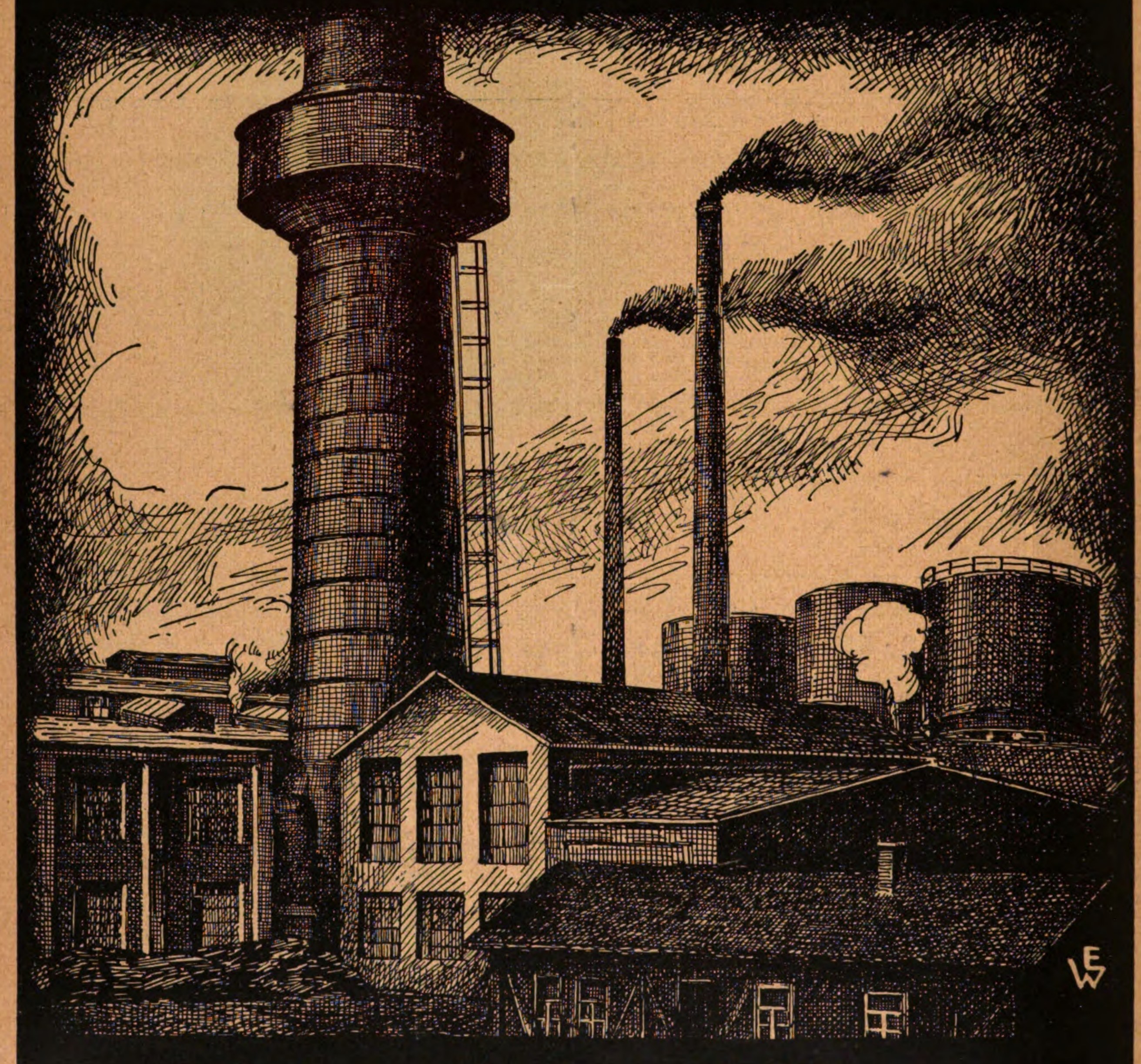
HERAUSGEGEBEN VON
DR. ING. H. UEBELACKER
C. W. KREIDEL'S VERLAG · MÜNCHEN

Inhalt:

Zur Theorie des Lokomotivkessels. Dr. Ing. Heumann. (Schlufs). 271.
Das zweite Betriebsjahr der Schienenschweifsungen im Bezirk der Reichsbahndirektion Nürnberg. Schönberger. 275. — Taf. 28 bis 31.
Zur Frage der Schienenlänge. Steinhagen. 279.
Der Flufsklammerstofs System Melaun und sein Einflufs auf die Beweglichkeit der Schienenenden. Leussler. 281.
Geschäftsbericht der Deutschen Reichsbahn-Gesellschaft über das 2. Geschäftsjahr 1926. 282.
Die mechanisch angetriebene Diesellokomotive mit fester Übersetzung und mehreren, einzeln kuppelbaren Motoren. 283.

Die dieselelektrische Lokomotive auf den Bahnen der U. d. S. S. R. 286.
Durch Lokomotivschäden verursachte Eisenbahnunfälle in Amerika von 1923 bis 1926. 286.
Viertakt-Dieselmotoren mit Aufladung durch Auspuffturbinen. 286.
Neuartiges Treibachslager in Amerika. 287.
Bau von elektrischen Lokomotiven in Japan. 287.
Versuchsfahrten einer neuen elektrischen Lokomotive. 287.
Elektrische Verschiebelokomotiven der Schweizerischen und Österreichischen Bundesbahnen. 288.
Die neuen Lötschberg-Lokomotiven Type 1 AAA-AAA 1. 288

Verschiedenes. 288.



Organ für die Fortschritte des Eisenbahnwesens

Technisches Fachblatt des Vereins Deutscher Eisenbahn-Verwaltungen

Schriftleitung: Dr. Ing. **H. Uebelacker,** Nürnberg, unter Mitwirkung von Dr. Ing. **A. E. Bloss,** Dresden.

82. Jahrgang **15. August 1927** **Heft 15**

Zur Theorie des Lokomotivkessels

im Lehrbuch von Garbe: »Die zeitgemäfse Heifsdampflokomotive«.

Von Prof. Dr. Ing. **Heumann**, Aachen.

(Schlufs).

Weiterhin untersucht der Verfasser, wie sich an einem vorliegenden Rauchrohr mit Überhitzerelement t_a, Q_2, τ, $t_ü$ und λ, die zur Überhitzung von 1 kg Heifsdampf erforderliche Wärmemenge ändern bei Zunahme von Q_1. Dabei nimmt er für G, also auch für G_1 und G_2, für D und t_e bestimmte voneinander unabhängige feste Werte bzw. Wertstufen an. Dieser Fall veränderlicher und zwar zunehmender stündlicher Wärmeabgabe Q_1 durch das Rauchrohr hindurch an das Kesselwasser soll sich »im Betriebe ergeben bei Kesselsteinbelag der Rauchrohre«, soll wohl heifsen: Bei allmählicher Abnahme des Kesselsteinbelages, ein Fall, der in Wirklichkeit wohl nie vor kommen dürfte. Davon abgesehen ist natürlich eine Änderung von Q_1 sehr wohl möglich. Wie ändert sich nun zunächst t_a, genauer zunächst das gedachte t_{a_1} mit Q_1? Das geht hervor aus der Beziehung: $Q_1 = G_1 (c_{m_e} . t_e - c_{m_{a_1}} . t_{a_1})$. Wenn G_1 und t_e unverändert bleiben sollen, mufs hiernach t_{a_1} mit wachsendem Q_1 abnehmen, während Verfasser es — das er mit t_a gleichsetzt — zunehmen läfst. t_m, der Mittelwert des unveränderlichen t_e und des abnehmenden t_{a_1} bzw. eines diesem gedachten naheliegenden wirklichen t'_{a_1} mufs mithin ebenfalls abnehmen, bestimmt durch obige Gleichung, während Verfasser es ebenfalls zunehmen läfst. Er kommt zu diesem Irrtum aus der Beziehung: $(t_m - t_0) . H_1 . k_1 = Q_1$, indem er darin ohne weiteres k_1 als unveränderlich ansieht, während das Wachsen von Q_1 hier nach den Voraussetzungen des Verfassers gerade durch starkes Anwachsen von k_1 zustande kommt. Da Verfasser nun weiter aus dem falschen t_m die Werte t_a, Q, Q_2, τ und $t_ü$ bestimmt, so werden diese schon aus diesem Grunde alle falsch; er bekommt ein zu- statt abnehmendes t_a (s. oben), ein abstatt zunehmendes Q. Aufserdem kann er ja aus t_m gar nicht das wirkliche t_a, sondern nur das gedachte t_{a_1} bestimmen, da t_a aufser durch t_{a_1} noch durch t_{a_2} festgelegt wird. Nimmt man ein gleiches wirkliches t_a im ganzen freien Rauchrohrquerschnitt an, so kann man dieses etwa gleich dem Mittelwert der gedachten, $= (t_{a_1} + t_{a_2}) \frac{1}{2}$ setzen, wobei zunächst t_{a_2} als unveränderlich angesehen werden kann. Somit sinkt das wirkliche t_a halb so stark wie das gedachte t_{a_1}. Daraus erhält man vorläufig $Q = (G_1 + G_2) (c_{m_e} . t_e - c_{m_a} . t_a)$, das danach genau so viel zunimmt wie Q_1. In Wirklichkeit wird infolge Wärmeaustausches im Rauchrohr das Sinken von t_{a_1} auch t_{a_2} in Mitleidenschaft ziehen, wird also t_{a_1} etwas weniger als berechnet, werden t_{a_2} und Q_2 ganz wenig sinken. Die Zunahme von Q bleibt dadurch unverändert Infolge dieser ganz geringen rechnerisch schwer fafsbaren Abnahme von t_{a_2} und Q_2 sinkt auch $\tau = \frac{Q_2}{k_2 . H_2}$ um einen geringen Betrag und schliefslich auch $t_ü$, wie sich aus der Beziehung $Q_2 = D . c_{m_D} . (t_ü - t_o)$ ergibt. Verfasser dagegen erhält wegen des falsch berechneten und mit t_{a_2} gleichgesetzten t_{a_1} ein viel zu starkes Sinken von Q_2 und τ und ein Steigen von t_a bei sinkendem Q_2!

Weiter ermittelt Verfasser die im Überhitzer auf 1 kg Dampf wirklich übertragene Wärmemenge $\lambda' = \frac{Q_2}{D}$ und vergleicht sie mit der zum Überhitzen von 1 kg Dampf erforderlichen Wärmemenge $\lambda = c_{m_D} (t_ü - t_o)$ und kommt infolge seiner falschen Berechnung von t_a, Q_2 und $t_ü$ zu dem in Abb. 5 (einer Wiederholung von Abb. 43 des Verfassers) dargestellten verblüffenden Ergebnis, das die λ und λ'-Kurve einander schneiden und rechts vom Schnittpunkt die verfügbare Wärmemenge viel zu klein wird, um $t_ü$ zu erzeugen! In Wirklichkeit fallen die beiden Kurven ganz schwach nach rechts ab, wegen ganz geringen Sinkens von Q_2 und $t_ü$, und fallen entweder ganz zusammen oder es liegt — bei Verwendung eines Teils von Q_2 zum Nachverdampfen — λ' etwas über λ. Die verschiedene Neigung der λ und λ'-Kurve beim Verfasser rührt von der falschen Berechnung von Q_2 und $t_ü$ her, die grofse Differenz $\lambda' - \lambda$ bei Beginn der Kurven von der völlig willkürlichen Wahl von D, während in Wirklichkeit D in fester Abhängigkeit von Q_2 steht, nämlich $D = \frac{a . Q_2}{c_{m_D} (t_ü - t_0)}$ ist, worin a bei $\lambda = \lambda' = 1$, sonst etwas kleiner, ist. Die t_a, t_m, Q, Q_2, τ, $t_ü$, λ, λ' ändern sich also mit Q_1 ganz anders wie der Verfasser entwickelt, womit auch seine hierauf aufgebauten Schlüsse hinfallen.

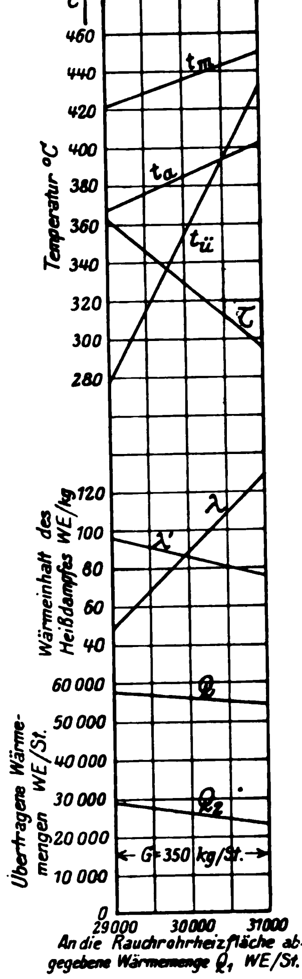


Abb. 5.

Rostform.

Einen scharfen Kampf führt der Verfasser gegen den breiten Rost. Leider sind auch hier seine Ausführungen nicht stichhaltig. Er vergleicht fünf verschieden grofse Sattdampfkessel miteinander, von denen drei (Nr. 2, 4, 5) einen »breiten Rost«, die übrigen beiden (Nr. 1 und 3) einen »schmalen« haben sollen. Es interessiert vor allem der Vergleich zwischen 1 und 5. Obwohl 5, also der Kessel mit breitem Rost, die 1,35 fache Rostfläche und die 1,4 fache Heizfläche des Kessels 1 mit schmalem Rost hat, behauptet Verfasser, beide seien ungefähr gleich leistungsfähig und legt einem Vergleich der Verdampfungsfähigkeit dieser beiden Kessel die gleiche auf dem Rost stündlich verfeuerte Brennstoffmenge von B = 900 kg zugrunde, stellt also einer spezifischen

Rostanstrengung $\frac{B}{R} = 400$ kg/Std. des Kessels 1 eine solche von 295 kg/Std. des Kessels 5 gegenüber. Er begründet diesen Unterschied hier nicht; nach seinen Ausführungen an anderer Stelle ist aber anzunehmen, dafs er den »breiten kurzen« Rost immer gleichzeitig als »grofs« ansieht, d. h. gröfser im Verhältnis zur Heizfläche als den schmalen langen. Hier ist bei Kessel 5 $\frac{R}{H}$ noch etwas kleiner als beim Kessel 1. Es ist somit weder die Behauptung richtig, dafs Kessel 1 ungefähr ebenso leistungsfähig sei wie 5, noch die Verringerung von $\frac{B}{R}$ bei 5 für einen richtigen Vergleich zulässig. Aufserdem genügen die ganz geringen Unterschiede in der Rostbreite von 1,35 gegenüber 1,0 m bei gleicher Länge wohl kaum, um den einen als typischen Vertreter der schmalen langen, den andern als typischen Vertreter der breiten kurzen Roste anzusehen, wie Verfasser es tut. Aus diesem Grunde gelten die Ergebnisse dieser Vergleichsrechnung gar nicht allgemein für Kessel mit schmalen, langen, kleinen und mit kurzen, breiten, grofsen Rosten. Belastet man die beiden Roste 1 und 5 gleich mit $\frac{B}{R} = 400$ kg m²Std., um eine richtige Vergleichsgrundlage zu haben, so erhält man die Zahlenwerte der beiden letzten Spalten der Übersicht 4, denen in Spalte 1 und 2 die Werte des Verfassers gegenübergestellt sind. Die Zahlenwerte der beiden letzten Spalten sind, soweit einigermafsen zulässig, nach dem Rechnungsverfahren des Verfassers ermittelt. Das war nicht mehr möglich bei der Bestimmung von t_e, das vom Verfasser errechnet ist aus der an sich richtigen Beziehung:

$$c_{m_e} \cdot t_e = \frac{Q - Q_F}{G},$$

mit t_e als der Rohreintrittstemperatur der Heizgase und Q als der stündlich auf dem Rost nutzbar erzeugten Wärmemenge. Verfasser berechnet nun Q als B . h, berücksichtigt also den nicht unbeträchtlichen Verbrennungsverlust gar nicht und berechnet Q_F nach der schon oben als falsch erwiesenen Beziehung $Q_F = H_F \cdot K\,(T_o - t_o)$.

Man erhält t_e richtig aus der Beziehung:

$$H_F = \frac{G}{K} \cdot c_m \ln \frac{T_o - t_o}{t_e - t_o},$$

worin c_m, das sich sehr wenig mit dem gesuchten t_e ändert, hinreichend genau geschätzt werden kann. Den Kesselgütegrad η_K berechnet Verfasser als das Verhältnis $\frac{Q_F + Q_8}{B \cdot h}$, also zu grofs, weil er Q_F zu grofs berechnet.

Übersicht 4.

Bezeichnung	Einheit	Zahlenwerte des Verfassers		Zahlenwerte berichtigt	
Kesselnummer		1	5	1	5
Rostlänge	m	2,25	2,25	2,25	2,25
Rostbreite	m	1,00	1,35	1,00	1,35
Rostfläche	m²	2,25	3,05	2,25	3,05
Stündlich verbrannte Brennstoffmenge B	kg/Std.	900	900	900	1220
B/R	kg/Std. . m²	400	295	400	400
Verbrennungstemperatur T nach Goss: $T_o = 975 + B/R$	°C	1375	1265	1375	1375
$T_o - t_o$	°C	1185	1075	1185	1185
Stündliches Heizgasgewicht für 1 m² Rostfläche G/R	kg/Std. . m²	6870	5660	6870	6870
G	kg/Std.	15420	17250	15420	20980
Wärmedurchgangszahlen in der Feuerkiste $K = k + \varkappa$: k	WE/Std. . m² . °C	42	36	42	42
$\varkappa$		94	93	94	114
K		136	134	136	156
Theoretisch in der Stunde erzeugte Gesamtwärme Q = Bh (Heizwert der Kohle: h = 6710 WE/kg)	WE/Std.	6040000	6040000	6040000	8200000
In der Feuerkiste stündlich übertragene Wärmemenge	WE/Std.	1690000	1710000	1437000	1860000
Gaseintrittstemperatur an den Rohren t_e	°C	1100	987	1030	1036
k Heizrohre	WE/m² . Std. . °C	39,6	35,1	39,6	40,6
Austrittstemperatur der Heizgase t_a	°C	448	374	413	392
Im Langkessel stündlich übertragene Wärmemenge $Q_8 = G\,(c_{m_e} t_e - c_{m_a} t_a)$	WE Std.	2660000	2760000	2500000	3560000
Stündlich in die Rohre eintretende Wärmemenge $G c_{m_e} t_e$	WE/Std.	4350000	4470000	4060000	5630000
Stündliche Abgaswärmemenge $G \cdot c_{m_a} t_a$	WE/Std.	1690000	1570000	1560000	2070000
Kesselgütegrad: η_K		0,72	0,74	0,65	0,66

Langkessel

Eine richtig durchgeführte »rein theoretische Ermittlung zeigt« nach Übersicht 4 keineswegs, »dafs die Kessel mit breitem Rost in der Wärmeübertragung ungünstiger dastehen als die mit schmalem«, das zeigt nicht einmal die — falsche — des Verfassers. Diese zeigt vielmehr, dafs die Wärmeübertragung und der Kesselwirkungsgrad nicht proportional der Rohrheizflächenvergröfserung zunehmen, sondern schwächer, was längst bekannt ist und mit der Frage breiter oder schmaler Rost nichts zu tun hat. Abgesehen davon ist ja hier kaum ein »breiter« Rost vorhanden.

Bestimmung der Hauptabmessungen von Lokomotivkesseln.

Rostfläche.

In der zweiten Hälfte seiner Arbeit wendet der Verfasser seine bis dahin gewonnenen theoretischen Ergebnisse auf die Bestimmung der Hauptabmessungen von Lokomotivkesseln an. Für die Bestimmung der Rostfläche bringt er nichts Neues, arbeitet hier mit der alten Verhältniszahl $\frac{B}{N_i}$ mit ihren bekannten Mängeln, ohne auf die Abhängigkeit von R von der

Temperatur des Speisewassers (Vorwärmung), dem Grad der Überhitzung, der Dampfspannung, dem Heizwert und der Beschaffenheit des Brennstoffes und von dem mit der Rostanstrengung sich ändernden Kesselwirkungsgrad näher einzugehen, obwohl hier sehr brauchbare Vorarbeiten von Strahl vorliegen.

Heizrohrheizfläche.

Für die Bestimmung der Rohrheizfläche, genauer der Heizrohrheizfläche, leitet Verfasser zunächst Ausdrücke für U und W ab als Funktionen von $\frac{H}{q}$ und zwar für ein bestimmtes, als unveränderlich angenommenes $\frac{G}{H}$ (siehe unten). $\frac{H}{q}$ ist hier $= \frac{4\,l}{d}$. Nach diesen Ausdrücken wächst sowohl U wie W mit $\frac{H}{q}$ oder $\frac{4\,l}{d}$, wie auch die bildliche Darstellung von

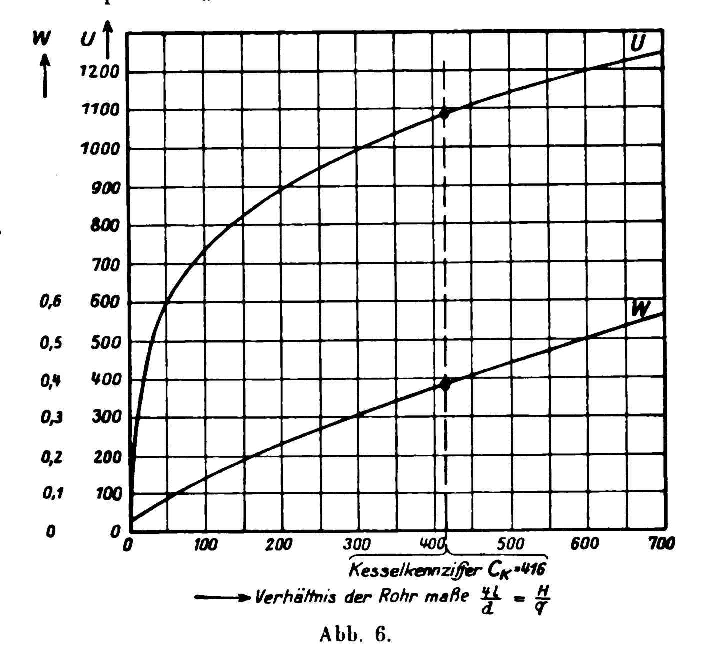


Abb. 6.

W und U als Funktionen von $\frac{H}{q}$ — in verschiedenem Mafsstab — der Abb. 46 (hier als Abb. 6 wiederholt) richtig zeigt. Nun behauptet der Verfasser: »Die Zunahme von W begünstigt die Ausnutzung der Heizgaswärme, die Zunahme von U dagegen ist nicht erstrebenswert, weil die übermäfsige Verringerung des freien Heizgasquerschnittes« — bei sehr grofsem $\frac{4\,l}{d}$ — »erhöhte Blasrohrwirkung erfordert. Deshalb ist W so grofs, U so klein wie möglich zu wählen.« Dafs Vergröfserung von $\frac{4\,l}{d}$ stärkere Blasrohrwirkung erfordert, ist richtig, aber vergröfsertes W bedeutet ebenso gut wie vergröfsertes U eine Zunahme von $\frac{4\,l}{d}$, also Erfordernis stärkerer Blasrohrwirkung; in dieser Beziehung verhalten sich U und W grundsätzlich gleich! Man kann doch nicht bei W von seiner zwangläufigen Verknüpfung mit dem erforderlichen Blasrohrdruck absehen, diese aber bei U als allein mafsgebend hinstellen, wenn der Blasrohrdruck von beiden in grundsätzlich gleicher Weise beeinflufst wird. Tatsächlich läfst man im Lokomotivbau den Verhältniswert $\frac{H}{q}$, hier $\frac{4\,l}{d}$, mit Rücksicht auf den hiermit wachsenden erforderlichen Blasrohrdruck einen gewissen Wert, der nach den verschiedenen Anschauungen der einzelnen Verwaltungen und den verschiedenen wirtschaftlichen Verhältnissen verschieden hoch liegt — in Deutschland wohl etwa 440 —, nicht überschreiten, sollte sich andererseits dieser oberen Grenze wegen des Wachsens von k mit $\frac{H}{q} = \frac{H}{G} \cdot \frac{G}{q} = \frac{H}{G} \cdot 3600 \cdot w \cdot \gamma$, also mit $w\gamma$ bei gleichbleibendem $\frac{H}{G}$ möglichst nähern. Eine weitere, wissenschaftlich gekennzeichnete Bedeutung hat dieser empirische Grenzwert nicht!

Der Schlufs des Verfassers: »deshalb ist W so grofs, U so klein wie möglich zu wählen«, ist also nicht haltbar. Es sind vielmehr aus den angegebenen Gründen beide so grofs zu wählen, wie es der mit beiden wachsende Blasrohrdruck — also auch Kolbengegendruck — zuläfst. Der Verfasser behauptet nun, das günstigste $\frac{H}{q}$, also für möglichst grofses W und möglichst kleines U, sei dasjenige, bei dem nach den Mafsstäben für U und W in Abb. 46 (6):

$$\frac{d\,U}{d\left(\frac{H}{q}\right)} = \frac{d\,W}{d\left(\frac{H}{q}\right)}, \text{ also in Wirklichkeit } \frac{d\,U}{d\left(\frac{H}{q}\right)} = 1000\,\frac{d\,W}{d\left(\frac{H}{q}\right)}$$

ist, d. h. derjenige Punkt in Abb. 6, in dem die beiden U- und W-Kurven parallel laufen. Tatsächlich ist es durchaus nicht einzusehen, warum bei diesem Punkt gröfstes W und gleichzeitig kleinstes U — an sich falsche Forderungen — erreicht sein sollen. Diese Parallelität wird in Abb. 6 bei $\frac{H}{q}$ oder $\frac{4\,l}{d} = 416$ erreicht, also bei einem Wert, der mit dem oben angegebenen empirischen Grenzwert 440 einigermafsen übereinstimmt. Das ist rein zufällig. Es ist durchaus unangebracht, dem Zahlenwert 416 nach der Ableitung des Verfassers als der »Kesselkennziffer« eine wissenschaftliche Bedeutung beizulegen. Auch nach den vom Verfasser angezogenen Versuchen von Henry kommt $\frac{H}{q} = 416$ keine irgendwie ausgezeichnete Bedeutung zu.

In der Ableitung und Beurteilung dieser »Kesselkennziffer« erschöpft sich die Leistung dieses Abschnitts. Die Rohrheizfläche H wird tatsächlich nicht bestimmt, entgegen der anscheinend vorhandenen Absicht des Verfassers, H für ein gegebenes G auf folgende Weise zu bestimmen. Verfasser geht wieder aus von der Beziehung $\frac{H}{q} = \frac{4\,l}{d} = U \cdot W$, setzt darin wie oben $U = \frac{1}{\frac{q}{G} \cdot k}$ mit $k = f\left(\frac{q}{G}\right)$, aber W nicht $= \Sigma \frac{c_{m_e} \cdot t_e - c_{m_a} \cdot t_a}{t_m - t_o}$, sondern $= \frac{H \cdot k}{G}$, d. h. er erhält in Wirklichkeit die tautologische Beziehung:

$$\frac{4\,l}{d} = \frac{H}{q} = \frac{1}{\frac{q}{G} \cdot k} \times \frac{H \cdot k}{G} = \frac{G}{q \cdot k} \times \frac{H \cdot k}{G} = \frac{H}{q},$$

die er ohne weiteres ohne den Umweg über U und W hätte hinschreiben können, indem er $\frac{H}{q}$ mit $\frac{G}{k}$ multiplizierte und dividierte. Er behauptet nun weiter, »diese Gröfsen« — wohl U und W in dieser Bedeutung — »seien bei der Wahl von $\frac{H}{q} = \frac{4\,l}{d}$ und von G schon bestimmt«. Danach scheint es, als ob er aus $\frac{4\,l}{d} = \frac{G}{q} \cdot \frac{H}{G}$ bei bekannten $\frac{4\,l}{d}$ und G die Heizfläche H bestimmen zu können glaubt; das geht natürlich nicht, er mufs noch $\frac{G}{q}$ oder $\frac{H}{G}$ annehmen, um aus dieser Beziehung H bestimmen

zu können. Tatsächlich rechnet er dann mit einem bestimmten $\frac{H}{G}$, setzt damit also, weil G gegeben ist, das H einfach fest, gibt mithin tatsächlich eine Ermittlung von H auf.

Rauchrohr- und Überhitzerheizfläche.

Läfst man nun die vom Verfasser fälschlich der Gröfse $\frac{H}{q} = 416$ beigelegte Bedeutung einmal gelten, so sind selbst auf dieser Grundlage die im nächsten Abschnitt daraus für die Bestimmung der Rauchrohr- und Überhitzerheizfläche gezogenen Schlüsse nicht haltbar. $\frac{H}{q} = 416 = C$ bedeutet für die Rauchrohr- und Überhitzerheizfläche mit den Bezeichnungen des Verfassers: $x = \frac{D}{d} = \frac{\text{lichter Rauchrohrdurchmesser in m}}{\text{äufserer Überhitzerrohrdurchmesser in m}}$, l = Länge der Überhitzerelemente oder der umschliefsenden Rauchrohre in m und

m als der Zahl der Überhitzerrohre in einem Rauchrohre

$$\frac{\Sigma H}{q} = \frac{H_1 + H_2}{q} = \frac{x.d.\pi.l + m.d\pi.l}{x^2.d^2\frac{\pi}{4} - m.d^2\frac{\pi}{4}} = \frac{4l}{d}.\frac{x+m}{x^2-m} = 416 = C,$$

während der Verfasser, abweichend von der Aufstellung seiner Kennziffer 416, jetzt $\frac{4l}{d}.\frac{x+m.0,9}{x^2-m}$ als »Kesselkennziffer« $C = 416$ aufstellt, also stillschweigend nicht den Wert $\frac{H_1 + H_2}{q}$, sondern $\frac{H_1 + 0,9\,H_2}{q}$ als Kennziffer $C = 416$ einführt. Das bedeutet bei $H_1 \sim = H_2$ ein $C = \frac{2,0}{1,9}.416 = 428$ statt 416. Ein stichhaltiger Grund für diese Änderung wird nicht angegeben, denn dafs k_2 nicht $= k_1$ sondern etwa $= 0,9\ k_1$ ist, ist wohl für die Wärmeübertragung von Bedeutung, aber kaum für die Kesselkennziffer.

Von den genannten Voraussetzungen des Verfassers aus hätte es wohl Sinn, die genügend genaue Innehaltung von $C = 428$ oder $\frac{4l}{d}.\frac{x + 0,9.m}{x^2 - m} = 416$ bei verschiedenen miteinander verglichenen Überhitzerbauarten zum Kennzeichen ihrer Güte zu machen. Das tut der Verfasser aber nicht, sondern er macht die Annäherung des Verhältnisses $\frac{x + 0,9\,m}{x^2 - m}$ an 1 oder, was dasselbe bedeutet, des Verhältnisses $\frac{4l}{d}$ an 416 zu diesem Kennzeichen, bezeichnet diejenigen Bauarten als die günstigsten, bei denen $\frac{4l}{d} = 416$ ist. Er vertauscht also plötzlich die soeben abgeleitete Kennziffer für die Rauchrohr- und Überhitzerheizflächen mit der früheren allein für Heizrohre geltenden $\frac{\Sigma H}{q} = \frac{4l}{d}$, worin jetzt d aber nicht etwa den lichten Rauchrohr-, sondern den äufseren Durchmesser eines Überhitzerrohres bedeutet, so dafs dies neue $C = \frac{4l}{d}$ mit wachsendem Überhitzerrohrdurchmesser d abnimmt, während das wirkliche $\frac{\Sigma H}{q} = C$ doch damit zunimmt. Diese »Kesselkennziffer« hat überhaupt keinen Sinn mehr und führt zu ganz falschen Ergebnissen, zunächst zu falscher Beurteilung verschiedener miteinander verglichener Überhitzerbauarten.

Weiter gründet Verfasser auf diese falschen Voraussetzungen die Ableitung eines Festwerts für die günstigste Rohrlänge jedes Grofsrohr- und jedes Kleinrohrüberhitzers, ohne zu beachten, dafs auch bei Annahme von $\frac{4l}{d} = 416$ l eine Funktion von d ist.

Weiter ermittelt Verfasser die Anstrengung der Überhitzerheizfläche $\frac{D}{H_2}$ aus der Beziehung

$$H_2.k_2.\tau = D.c_{m_D}.(t_ü - t_o),$$

indem er wieder $t_ü = \tau$ setzt und $t_ü$ in der oben angegebenen Weise bestimmt. Dafs und warum dieser Weg ungangbar ist, ist oben nachgewiesen.

Seiner ausgesprochenen Absicht entgegen ermittelt Verfasser dann nicht das günstigste Verhältnis des gesamten freien Rauchrohrquerschnitts zum gesamten Heizrohrquerschnitt, sondern verfährt hier in folgender Weise: Er setzt den gesamten freien Rauchrohrquerschnitt

$$q = G\frac{(H_1 + 0,9\,H_2)}{G}.\frac{q}{(H_1 + 0,9\,H_2)},$$

nimmt darin $G = 10000$ kg/Std., also für die Rauchrohre allein!, weiter: $\frac{H_1 + 0,9\,H_2}{G} = \frac{1}{100}$, — also $(H_1 + 0,9\,H_2) = 100$! — sowie $\frac{q}{H_1 + 0,9\,H_2} = \frac{1}{\frac{4l}{d}} = \frac{1}{416}$ ausdrücklich an und erhält unter diesen Voraussetzungen $q = 10000.\frac{1}{100}.\frac{1}{416} = 0,24\ m^2$; seiner Gleichsetzung $\frac{H_1 + 0,9\,H_2}{q} = \frac{4l}{d}$ liegen weiter die Voraussetzungen zugrunde: $x = \frac{D}{d} = 3,291$ und $\frac{H_2}{H_1} = y = 1,215$. Also nur unter all diesen Voraussetzungen ist der günstigste ganze freie Gasquerschnitt aller Rauchrohre zusammen $q = 0,24\ m^2$. Kurz darauf setzt Verfasser — für die gleichen Voraussetzungen — den freien Gesamtrauchrohrquerschnitt $= \frac{q}{2}$, versteht also jetzt scheinbar unter q den gesamten Gasquerschnitt des Langkessels einschliefslich der Heizrohre. In dieser Verwechslung bzw. Setzung besteht seine »Ermittlung« des fraglichen Verhältnisses, das ja nicht einfach $= \frac{1}{2}$ gesetzt werden darf, sondern von H_2, $t_ü$, der Speisewassertemperatur (Vorwärmung) und dem Verhältnis der Gasgeschwindigkeiten in den beiden Rohrsystemen abhängig ist!

Aus der richtigen geometrischen Beziehung $\frac{H_1}{\frac{4l}{D}} - \frac{H_2}{\frac{4l}{d}} = q$, worin q den gesamten freien Rauchrohrquerschnitt bedeutet, oder — mit $D = x.d$, $H_2 = H_1.y$ — aus $H_2\left(\frac{x}{y} - 1\right) = q\left(\frac{4l}{d}\right)$ »ermittelt« dann der Verfasser die »wirksame« Heizfläche H_2, indem er an Stelle von q $\frac{q}{2}$ und $\frac{4l}{d} = 416$ setzt und indem er weiter $q = 0,24\ m^2$ einführt, also stillschweigend die oben dafür angegebenen Voraussetzungen dahin ändert, dafs er jetzt $(H_1 + 0,9\,H_2) = \frac{100}{2}\ m^2$ und $G_{Rauchrohre} = \frac{10000}{2}$ kg/Std. zugrunde legt. Tatsächlich spricht er hiermit lediglich die zwischen H_2 und $(H_1 + 0,9\,H_2) = \frac{100}{2}\ m^2$, $G = \frac{10000}{2}$ kg/Std., $x = 3,291$ und $y = 1,215$ bestehende geometrische Beziehung aus, ermittelt H_2 nicht, denn er legt dieses schon durch seine

Voraussetzungen fest zu $H_2 = \frac{\frac{100}{2}}{\frac{1}{1,215} + 0,9} = 29\ m^2$

Mit $H_2 = 29\ m^2$ und $y = 1,215$ erhält Verfasser dann $H_1 = \frac{29}{1,215} = 23,9\ m^2$, weiter die gesamte wasserverdampfende Rohrheizfläche $= 23,9 + 4,3 + 50 = 78,2\ m^2$ als einfache

unbesetzte Heizrohr-
Rauchrohre bündel

geometrische Folge seiner Voraussetzungen und »ermittelt« daraus die wasserverdampfende »Kessel«heizfläche H, indem er 78,2 durch 0,9 dividiert, zu 87 m², während in Wirklichkeit doch $H = H_F + 78,2$ ist!

Schliefslich berechnet der Verfasser auch hier für verschiedene Überhitzer $t_ü$, t_a und Q_2 nach dem gleichen Verfahren wie oben, die also aus dem gleichen Grunde wie oben: Gleichsetzung von t_i und τ, Vernachlässigung von $\frac{G_2}{D}$, falsch sind. Auch hier sinkt beim Verfasser Q_2 mit steigendem $t_ü$! Demgemäfs findet sich auch hier die kühne Behauptung, dafs »die auf den Überhitzer übertragene Wärmemenge sich bei gleichzeitig steigender Überhitzung vermindert«.

Aufser diesen grundlegenden Fehlern weist die Arbeit eine grofse Menge kleinerer, schiefe Ausdrucksweise, viel Ungenauigkeiten und falsche Dimensionsangaben auf, auf die hier nicht näher eingegangen werden soll. Leider machen m. E. schon die besprochenen Fehler die Morgenrothsche Arbeit gänzlich unbrauchbar sowohl in ihrer allgemeinen theoretischen Untersuchung der Wärmeübertragung wie in der Bestimmung der Hauptabmessungen des Lokomotivkessels.

Das zweite Betriebsjahr der Schienenschweifsungen im Bezirk der Reichsbahndirektion Nürnberg.

Von Reichsbahnoberrat **Schönberger**, Nürnberg.

Hierzu Tafel 28 bis 31.

Seit Einrichtung der ersten Versuchsstrecke in Nürnberg-Rangierbahnhof, die ich im Organ 1925*) behandelte wurden noch verschiedene weitere Versuche durchgeführt; im nachstehenden möchte ich über die getroffenen Anordnungen und die gewonnenen Erfahrungen berichten. Die Lage der einzelnen Strecken wolle aus dem Lageplan der Station Nürnberg-Rangierbahnhof (Taf. 30) ersehen werden.

Am Ende des zweiten Betriebsjahres waren in den beiden Stationen Nürnberg Hbf. und Rbf. geschweifst:

I. Die erste Versuchsstrecke im Verbindungsgleis 2 für die Einführung der Güterbahn Stein—Nürnberg Rbf. in den Einfahrbahnhof zwischen km 1,362 und 2,651 = 1289 m in Einzellängen von 60 m, 84 m und 108 m, welche durch Anschweifsen von 6 m Stücken mit Auszugstöfsen zum Teil auf Längen von 66 m, 90 m und 114 m gebracht wurden. Die Strecke liegt in der Steigung 1 : 180; sie ist zum Teil genagelt, zum Teil geschraubt; sie wird durchschnittlich im Tag von 24 Güterzügen befahren; wovon etwa $^1/_3$ vor dem Einfahrsignal halten mufs. Durch das Bremsen und Wiederanfahren der schweren Güterzüge wird das Gleis stark und stets in gleicher Richtung beansprucht. Zur Ermöglichung der Ausdehnung sind fünf Ausdehnungsstöfse mit je 50 mm Auszugmöglichkeit eingebaut (durch Verbiegen der Laschenschrauben haben sich Auszüge bis zu 65 mm ergeben); die übrigen Stöfse sind normale Laschenstöfse; alle Stöfse sind durch Einbauen von Eisenbetonrosten verstärkt. Die Stofslücken wurden bei + 10° C in der Weise geregelt, dafs die gewöhnlichen Laschenstöfse, wie auch die Ausziehstöfse genau auf die Hälfte ihres Auszuges eingestellt wurden. Der vor der Versuchsstrecke liegende Stofs wurde gegen die Übertragung von Wanderwirkungen aus dem anliegenden Gleis fest verankert.

II. Das Verbindungsgleis 3 zur Einführung der Güterbahn von Eibach in den Rangierbahnhof. Dieses Gleis ist auf Eisenschwellen in Schotterbettung verlegt. Die Einzellängen sind 60 m mit normaler Verlaschung. Am Anfang und Ende der Strecke ist je ein Ausdehnungsstofs von 50 mm Ausdehnungsmöglichkeit eingebaut; die übrigen Stöfse sind normale Laschenstöfse. Sämtliche Stöfse sind durch Eisenbetonroste verstärkt und mit Stofsbrücken und umgearbeiteten Auflauflaschen ausgerüstet. Auch sind Pappelholzplättchen zur weiteren Behinderung der Bewegungen eingebaut. Bei zehn Stöfsen am Anfang der Strecke wurde das Schienengestänge in Streifen von 35 cm Breite eingeschottert und zwar aufsen bis Schienenoberkante, innen bis 40 mm unter Schienenoberkante.

III. Gleis 5 im inneren Einfahrbahnhof wurde in einer Strecke von 616 m in Längen von 321, 102, 96 und 97 m geschweifst. Das Gleis ist auf Holzschwellen in Sandbettung verlegt und genagelt. Es sind drei Ausdehnungsstöfse eingebaut.

IV. Gleis 7 im inneren Einfahrbahnhof ist geschweifst auf 658 m Länge in Schweifsfeldern von 96, 105, 105, 120, 120 und 112 m. Am Anfang und Ende der Strecke sind Ausdehnungsstöfse eingebaut.

V. Verschiedene Gleisverbindungen am Ablaufkopf, dann von zwei Gleisen der nördlichen Richtungsharfe die Auffängerstrecke auf etwa 300 m Länge. In diese Gleise konnten wegen der Verwendung von Radschuhen zum Auffangen der ablaufenden Wagen Ausdehnungsstöfse nicht eingebaut werden.

Die Gruppen III, IV und V hängen ziemlich innig zusammen. Sie eignen sich zu **Ablaufversuchen bei ungünstigen Witterungsverhältnissen** (Gegenwind, Schneetreiben).

VI. Sämtliche Schienenstöfse auf und vor der Brücke des Ludwig-Donau-Main-Kanales zur Vermeidung der starken Schläge auf das Mauerwerk und zur Schonung der Eisenüberbauten.

VII. Bei 37 stark beanspruchten Weichen sind die Herzstücke geschweifst; aufserdem sind von sämtlichen Weichen der Form X (Bayern) die Übergangsstöfse auf die Form IX (Bayern) geschweifst.

VIII. Das Güterzuggleis von Eibach nach Nürnberg Rbf. ist auf der freien Strecke auf eine Länge von 1167 m in Feldern von je 60 m geschweifst. Am Anfang und Ende der Strecke sind Ausdehnungsstöfse der Bauart Hesse, Berlin eingebaut; im übrigen sind für die Stöfse normale Laschen eingebaut.

Das Gleis wurde mit altbrauchbaren Schienen der Form X auf Hartholzschwellen in Schotterbettung umgebaut. Es liegt zum Teil in einer Kurve von 500 m Halbmesser. Beim alten Gleis traten dauernd Spurerweiterungen, Richtungsverschiebungen und Wanderungen auf, so dafs wöchentlich zwei bis dreimal Unterhaltungsarbeiten nötig waren.

IX. In Station Nürnberg Hbf. sind die beiden Maschinengleise auf eine Länge von zusammen 3,354 m in Einzellängen von je 60 m geschweifst. Die Gleise wurden mit altbrauchbaren Schienen der Form X auf Holzschwellen umgebaut und in Schotter verlegt. Sämtliche Stöfse sind normal verlascht, zum Teil mit gewöhnlichen, zum Teil mit umgearbeiteten Auflauf-

*) Seite 477.

laschen; sie sind aufserdem durch Stofsbrücken und Eisenbetonroste verstärkt.

X. Als neuester Versuch wurde je ein 60 m langer Stofs Form IX und X mit **Stumpfschweifsung** und Laschen ausgeführt. Diese Schweifsung unterscheidet sich von dem bisher angewendeten sogenannten kombinierten Verfahren dadurch, dafs auch in Fufs und Steg die Schmelzschweifsung entfällt und durch Verwenden eines durch das ganze Schienenprofil reichenden Schweifsbleches die Schweifsung ausschliefslich unter Druck erfolgt. Die nötige Schweifstemperatur wird durch Verwendung einer entsprechend gröfseren Thermitmenge erreicht, wobei das ganze bei der Reaktion freiwerdende Eisen sich ausscheidet; um die Schweifsstelle legt sich eine feine Schlackenschicht



Abb. 1. Schweifswagen.



Abb. 2. Die Former während der Arbeit im Innern des Wagens.

und das Thermiteisen kann nach Abnehmen der Schweifsform leicht entfernt werden.

Bei dieser Schweifsung wird der Schienenquerschnitt nicht verstärkt, und der Schweifswulst entfällt, so dafs die normalen Laschen als Sicherheitslaschen eingezogen werden können. Über die Erfahrungen kann noch nichts berichtet werden.

Im ganzen sind in Nürnberg Rbf. 6 km und in Nürnberg Hbf. 3,35 km geschweifst und sind 1225 Schweifsungen ausgeführt. Die Arbeiten werden durch angelernte Bahnarbeiter ohne jede fremde Beihilfe durchgeführt. Die gesamten zur Schweifsung benötigten Geräte und Stoffe sind übersichtlich in einem gedeckten Wagen (Schweifswagen) untergebracht (siehe Textabb. 1 u. 2). Dieser Wagen steht in der Regel in der Nähe der Arbeitsstelle; er kann aber auch entfernt werden.

Bisherige Ergebnisse:

Durch die Beobachtung dieser verschiedenen Versuchsstrecken und die angestellten Messungen ergaben sich trotz der Kürze der Zeit schon verschiedene, recht wertvolle Feststellungen. Auch lassen sich ziemlich sichere Schlüsse ziehen, die für das weitere Vorgehen den Weg weisen.

1. **Die betriebssichere Tüchtigkeit des Thermitstofses hat sich auch im zweiten Betriebsjahre voll bewährt. Es ist weder ein Bruch oder Rifs einer einwandfrei hergestellten Schweifsstelle vorgekommen, noch haben sich am Kopf Auswalzungen oder Verdrückungen gezeigt; auch kann kein Verschleifs oder Störungen der stofflichen Zusammensetzung beobachtet werden.** Ich habe ausdrücklich vorausgesetzt, dafs einwandfreie, gewissenhafte Arbeit geleistet werden mufs. Deshalb möchte ich hier auch die beiden Schienenbrüche erwähnen, die bis jetzt bei uns in einer Schweifsstrecke vorkamen.

In dem einen Falle erfolgte der Bruch 5 cm von der Schweifsstelle entfernt, war also noch in der Schweifszone; er ging durch ein Laschenloch. Entdeckt wurde der Bruch drei Monate nach erfolgter Schweifsung.

Die Bruchstelle wurde nun in der Weise gesichert, dafs die beiden benachbarten Schwellen bis zum Schweifswulst herangerückt wurden. Sie hatten dann einen Abstand von 360 mm. Es zeigte sich weder ein seitliches Ausweichen noch ein Heben der Schienen, obwohl 19 zum gröfsten Teil schwerste Güterzüge mit 4/5 gekuppelten Lokomotiven die so einfach gesicherte Bruchstelle befuhren.

Der Bruch wurde nachmittags entdeckt und erst am nächsten Vormittag durch Einschweifsen eines Ersatzstückes in einer Zugspause ausgewechselt; hierfür waren unter Einrechnung aller Nebenarbeiten zwei Stunden nötig.

Die Untersuchung ergab, dafs es sich um eine Schiene der Form IX vom Jahrgang 1898 handelte, die zu $^2/_3$ durch den Kopf, $^1/_3$ durch den Fufs und den ganzen Steg in einwandfreier Weise einen alten Bruch zeigte. Die Schiene hätte nicht mehr geschweifst werden sollen. Durch Beklopfen mit einem Hammer hätte der Mangel entdeckt werden können. Das Laschenloch war verrostet; das Thermiteisen hat sich nicht verbunden. Jetzt wird bei allen Schienenformen, bei denen das erste Laschenloch in die Schweifszone fällt, versucht, durch Einfügung eines Flufseisenkernes in die gründlich gereinigten Laschenlöcher eine völlige Schmelzschweifsung der Flufseisenkerne mit dem Schienensteg zu bewirken.

Das Vorkommnis bestätigte die an und für sich schon selbstverständliche Tatsache, dafs Laschenlöcher schädlich sind, zeigte aber auch, dafs **Brüche von Schweifsstöfsen nicht gefährlicher sind als solche in ungeschweifsten Schienen und dafs auch Schweifsstofsbrüche in verhältnismäfsig kurzer Zeit zu beheben sind.**

In dem zweiten Fall zeigte sich der Schaden in einer mit altbrauchbaren Schienen der Form X vom Jahre 1902 umgebauten Strecke vier Monate nach der Inbetriebnahme des beim Umbau geschweifsten Gleises. Gebrochen waren Fufs und Steg; der Schienenkopf war noch vollständig geschweifst, aber vom Thermiteisen des Schweifswulstes berührt. Es traten daher ungleiche Zugspannungen auf. Die Ursache kann in einem kleinen Modellfehler liegen; das Modell wurde daher etwas abgeändert. Da aber mit dem gleichen Modell noch viele andere Stöfse geschweifst wurden, mufs noch eine andere Ursache mitgewirkt haben. Es wurde entweder trotz aller Sorgfalt doch etwas mehr Thermiteisen gegeben, oder der Stofs lag zu lose und kam die Schlagwirkung besonders stark zur Geltung. Tatsächlich ergab die Untersuchung, dafs der betreffende Stofs auffallend schlecht unterhalten war. In beiden Fällen zeigte sich der Bruch schon bald nach der Inbetriebnahme.

2. Bei den Versuchen wurde nur schrittweise sehr langsam vorgegangen und trifft jedenfalls die von Dr. Saller in der Gleistechnik 1925, Heft 21, Seite 368 bei seinen Ausführungen über Schienenschweifsungen geäufserte Bemerkung hinsichtlich eines allzu stürmischen Vorgehens auf die Nürnberger Versuche nicht zu. Bei diesen wurde leider auch in überalterten, nur in Kies- und Sandbettung liegenden Gleisen mit gröfstenteils nur genagelten Schienen begonnen. Die Schienen der Form IX stammten aus dem Jahre 1891; die Stöfse waren eingefahren. Diese wurden deshalb beim Schweifsen überhöht und dann durch Abhobeln mit Hand eine obere Kopffläche herzustellen versucht. Die genaue Durchführung wurde nicht nachgeprüft. Die ersten Schweifsstöfse dürfen deshalb jetzt nicht mit Präzisionslinealen nachgeprüft werden und Abweichungen von Zehntel Millimetern dürfen nicht der Schweifsung als solcher angelastet werden, sondern nur der Ausführung, für die noch keinerlei Erfahrungen vorlagen.

Auch die Ausführungen von Dr. Saller in dem Vortrage »Bahnbau und Bahnunterhaltung in neuzeitlicher Form« (abgedruckt in Nr. 9, 1927 des amtlichen Nachrichtenblattes »Die Reichsbahn«) sind nicht zutreffend und beruhen anscheinend auf einem Mifsverständnis. Dr. Saller schreibt:

»Neuerdings habe ich von Nürnberg eine Nachricht, wonach sich beginnende Ausbauchungen, die mindestens als Anzeichen von grofsen Überbeanspruchungen der Schienen aufgefafst werden müssen, zeigen. Ich mufs gestehen, dafs ich diese Nachricht, so betrübend sie an sich ist, mit einer gewissen wissenschaftlichen Erleichterung empfunden habe. Dafs schliefslich so etwas kommen mufste, ist ja wohl zu erwarten. Naturgesetze lassen sich nur in gewissen Grenzen vernachlässigen.

Und wie war der wirkliche Sachverhalt?

In der ersten Versuchsstrecke (I) bauchte sich an sehr heifsen Tagen **eine** Schiene Form IX an **einer** Stelle um etwa 6 mm aus. Die Ausbauchung erfolgte nicht an einer Schweifsstelle, sondern 90 cm von einem Schweifsstofs entfernt, hat also mit dem Vorgang des Schweifsens bestimmt gar nichts zu tun, sondern läfst nur darauf schliefsen, dafs die Schiene von einer früheren Entgleisung her oder durch Abwerfen eine schwache Knickstelle hat, die schon bei geringen Druckspannungen ausbiegt. Diese elastischen in Spurerweiterung sich zeigenden Ausbiegungen werden durch die ungenügende Haftung der Schwellenschrauben in den ausgeweiteten Bohrlöchern der überalteten Föhrenschwellen begünstigt. Die Schwellenlage wurde durch den Vorgang nicht beeinflufst, es handelt sich demnach um keine **Gleisausbauchung**. Die Schiene liegt noch heute unverändert im Gleise.

Weil aber Dr. Saller hier eine wichtige Frage angeschnitten hat, möchte ich die Sache nicht mit dieser Feststellung abtun, sondern doch noch näher darauf eingehen.

Die Äufserung Dr. Sallers ist doch wohl dahin aufzufassen, dafs die in Nürnberg ausgeführten Gleisschweifsungen unter völliger Vernachlässigung von Naturgesetzen vorgenommen sind und die eingetretenen Gleisausbauchungen (tatsächlich handelt es sich aber nur um einen Fall) unausbleiblich und vorauszusehen waren. Nach dem ganzen Inhalt der Darlegungen über Schienenschweifsungen kann man nur annehmen, dafs Dr. Saller die Vernachlässigung der Naturgesetze darin erblickt, dafs der Schiene in der geschweifsten Strecke nicht diejenige Ausdehnungsmöglichkeit gegeben ist, welche nach Mafsgabe der Gesetze über Temperaturausdehnung gefordert werden mufs. Der Ausführung und Auffassung mufs widersprochen werden. Es kann keine Rede davon sein, dafs Naturgesetze vernachlässigt werden, wenn man Schienen mit so enger Stofsfuge verlegt, dafs sie den Gesetzen der Wärmeausdehnung allein folgend, sich nicht entsprechend ausdehnen können. Wird die Ausdehnung einer Schiene, sei es, dafs sie sich durch Temperatureinwirkung verlängern oder verkürzen will, gewaltsam an ihrer Längenänderung gehindert, so treten Druck- oder Zugspannungen ein, die so grofs sind, dafs die dadurch bewirkte elastische Zusammendrückung oder Ausdehnung genau gleich der durch die Temperaturänderung bedingten Verlängerung oder Verkürzung der Schiene ist. Diese Vorgänge vollziehen sich durchaus nach bekannten Naturgesetzen, denn die elastische Längenänderung unter Einwirkung von Kräften ist ebenso gut ein Naturgesetz, wie die Verlängerung oder Verkürzung unter Einwirkung wechselnder Temperaturen. Die Berechnung der achsialen Kräfte, die unter den oben vorausgesetzten Verhältnissen im Schienengestänge auftreten, läfst sich daher auch ohne weiteres vornehmen. Aber es mufs dabei vorausgesetzt werden, dafs die Schienen, soweit sie unter Druckkräften stehen, durch geeignete Mittel am seitlichen Ausweichen, also an einer Ausbauchung oder an einer Gleisverwerfung verhindert werden. Das geschieht im Gleisbau durch Befestigung der Schienen auf den Schwellen und durch die Einlagerung der Schwellen in den Bettungskörper. Es ist ohne weiteres klar, dafs diese Befestigungsmittel irgend eine geringste Widerstandskraft leisten müssen, um diese Aufgabe des Geradehaltens der Schienen auch wirklich zu erfüllen, und hier klafft allerdings eine Lücke in unserer theoretischen Erkenntnis des Kräftespieles im Gleis. Diese notwendigen Widerstandskräfte in der Querrichtung zum Gleis lassen sich nicht errechnen und es mufs die praktische Erfahrung und weitere Versuche uns erst lehren, wie die Schienenbefestigung und die Schwellenlagerung beschaffen sein mufs, um die Schienen so fest einzuspannen, dafs ein seitliches Ausweichen nicht eintreten kann.

Abb. 3. Schienenthermometer.

3. Die **Stofslücken** wurden früher in der Weise geregelt, dafs bei $+10^0$ C sowohl bei den gewöhnlichen Laschenstöfsen, als auch bei den Ausziehstöfsen die Hälfte der möglichen Ausziehlänge eingestellt wurde. Dieser Grundsatz wurde wenigstens bei Altschienen verlassen und $+20^0$ C als Mitteltemperatur bestimmt. Dadurch wurde die Grenze der Druckspannungen herab und jene für die Zugspannungen hinaufgesetzt, weil angenommen wurde, dafs die Laschenbolzen gröfsere Zugspannungen aufnehmen können.

Eine Reihe von Messungen zeigte, dafs sich die Schienen langsamer erwärmen und auch wieder langsamer abkühlen als die Luft, sowie, dafs sich bei Sonnenbestrahlung die Wärme in der Schiene höher einstellt als in der Luft. Deshalb wird jetzt den Ausdehnungsberechnungen eine höchste **Schienentemperatur** von $+55^0$ C (statt bisher $+40^0$ Lufttemperatur) zugrunde gelegt. Die untere Grenze mit -20^0 C wird beibehalten.

Für die Messung der Schienentemperatur werden besondere Thermometer verwendet, von denen sich das in Textabb. 3 dargestellte am besten bewährte. Bei diesem ist der Quecksilberbehälter der Glasröhre bis auf 25 mm im Durchmesser verflacht, so dafs eine möglichst grofse Berührung zwischen der Schiene und dem Thermometer vorhanden ist und gleichzeitig eine gröfsere Standsicherheit erreicht wird. Gegen Umkippen wird das Instrument aufserdem durch einen durchlochten Lederstreifen festgehalten, der beiderseits mit einem Eisenkern beschwert ist. Die Lederhülle schützt zugleich das Quecksilber vor der unmittelbaren Sonnenbestrahlung.

4. Über die wirtschaftlichen Erfolge können erschöpfende Angaben erst nach mehreren Beobachtungsjahren gemacht werden. Immerhin kann schon jetzt gesagt werden, dafs sich die erste Versuchsstrecke (I) sehr gut gehalten hat, dafs **Unterhaltungsarbeiten** in ihr **bis jetzt überhaupt nicht anfielen.**

Die in den **Ablaufgleisen und Andruckgleisen vorgenommenen Schweifsungen haben sich besonders gut bewährt und den Ablaufbetrieb ganz wesentlich beschleunigt. Durch den Entfall der Stöfse ist der Laufwiderstand vermindert; die Wagen laufen ruhig und flott ab.**

Ebenso günstig sind die Ergebnisse in dem Einfahrgleis 3 (Versuchsstrecke II) und ganz auffallend in dem Güterzuggleis Eibach — Nürnberg Rbf. (Versuchsstrecke VIII). Dieses Gleis erforderte früher beinahe ständige Unterhaltungsarbeiten. Seit es umgebaut und verschweifst ist, brauchte keine Tagschicht mehr aufgewandt werden.

Die **geschweifsten Herzstücke befahren sich ruhig; die ständige Bewegung der Spitzen und damit eine Entgleisungsgefahr ist beseitigt,** der Stoffverschleifs hat sich abgemindert und dadurch die Lebensdauer der Herzstücke erhöht.

Ein Vergleich der Versuchsstrecke I (2. Verbindungsgleis) mit dem gleichalten nicht verschweifsten Nachbargleis (1. Verbindungsgleis) ergibt, dafs das Gleis 1 in etwa zwei Jahren umgebaut werden mufs, während das Gleis 2 noch acht bis zehn Jahre liegen kann. Der Nutzen der Schweifsung ist hier ganz augenfällig.

5. Bei der Fahrt auf einer Schweifsstrecke, in der eine grofse Zahl Stöfse entfallen ist, **treten die Schläge und störenden Geräusche zurück.** es werden nur das Geräusch des fahrenden Zuges und die Schläge von Schleifstellen der Räder gehört. **Unrunde Räder können daher sehr leicht herausgefunden werden.**

6. In den **Gleisen der Richtungsharfe springen die Radschuhe an den unebenen und losen Schienenstöfsen leicht ab;** es erfolgen starke Aufstöfse (auch Entgleisungen) und Beschädigungen der Fahrzeuge und des Gutes. **Durch das Schweifsen der Auffängerstrecken wird dies vermieden.** Das Personal arbeitet in den Schweifsstrecken sicherer und ruhiger.

7. Die **Längen der Schweifsfelder** wurden zur Gewinnung von Unterlagen recht verschieden genommen. Am häufigsten kommt die kleinste gebrauchte Länge, nämlich 60 m vor; es wurde aber auch bis 320 m hinaufgegangen. Über die dabei gewonnenen Erfahrungen wird unter Ziffer 11 das Nähere ausgeführt. Hier wird nur allgemein bemerkt, dafs sich die **längeren Schienen besser den Kurven anschmiegen und besser liegen bleiben, als die kürzeren.** Eine Laschenverbindung gibt immer eine Unterbrechung der Kurve — eine Knickstelle.

8. Im allgemeinen wurde mit gewöhnlichen Laschenstöfsen auszukommen versucht, diese wurden aber durch Stofsbrücken verstärkt; dann wurden vielfach etwas abgeänderte Auflauflaschen verwendet, die sich in dieser Zusammensetzung besser bewährten als im gewöhnlichen, unverstärkten Stofse.

Da nicht bestimmt vorausgesehen werden konnte, nach welcher Richtung sich die Schienenschweifsung bewegt und tunlichst viel Erfahrungen gesammelt werden wollen, wurden auch mit **Ausziehstöfsen Versuche** gemacht.

Wir haben in recht behelfsmäfsiger Weise mit Erweiterung der Laschenlöcher begonnen und sind dann nach verschiedenen Versuchen zu dem in Textabb. 4 dargestellten Stofs gekommen. Die Ausführungskosten betragen für das Paar ohne Fracht ℳ 320.—.

Daneben haben wir noch Ausziehstöfse der Bauart Hesse, Berlin (Textabb. 5) eingebaut. Die Beschaffungskosten dieses Stofses betragen ohne Fracht ℳ 390.—.

Die sämtlichen zur Verwendung gebrachten Ausziehstöfse wurden mit einer Ausziehmöglichkeit von 50 mm gebaut. Ich hätte keine Bedenken ohne Anwendung von Radlenkern noch bis 70 mm zu gehen.

Die beiden Ausführungen nach Textabb. 4 und 5 haben sich bis jetzt gleich gut bewährt.

9. In der Versuchsstrecke I (Verbindungsgleis 2 Stein—Nürnberg Rbf.) werden seit Anfang Dezember 1925 wöchentlich genaue Messungen vorgenommen. Das Ergebnis der Bewegungen ist in Taf. 28 aufgetragen. Daraus sieht man, dafs am Anfang, wo längere Schienen liegen und diese aufserdem verschraubt sind, die Bewegungen am kleinsten, dafs diese aber in der Mitte in dem nur genagelten Gleis mit kürzeren Schienen am gröfsten sind. Gegen das Ende werden in dem dort wieder geschraubten Gleis bei auch nur 60 m langen Schienen die Bewegungen wieder kleiner.

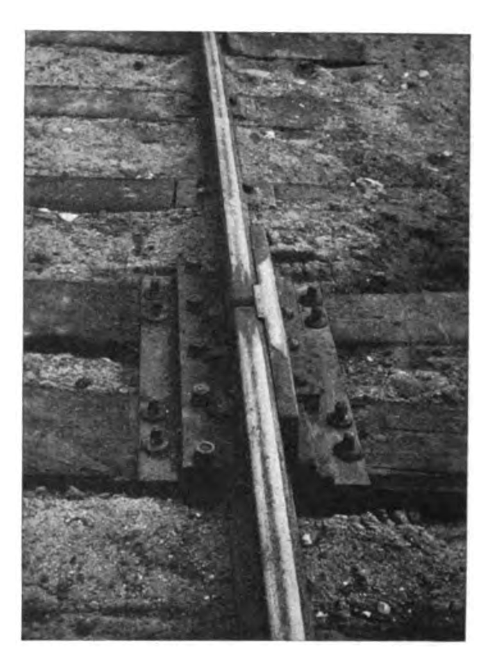


Abb. 4. Ausziehstofs mit beiderseits beweglichen Schienen.

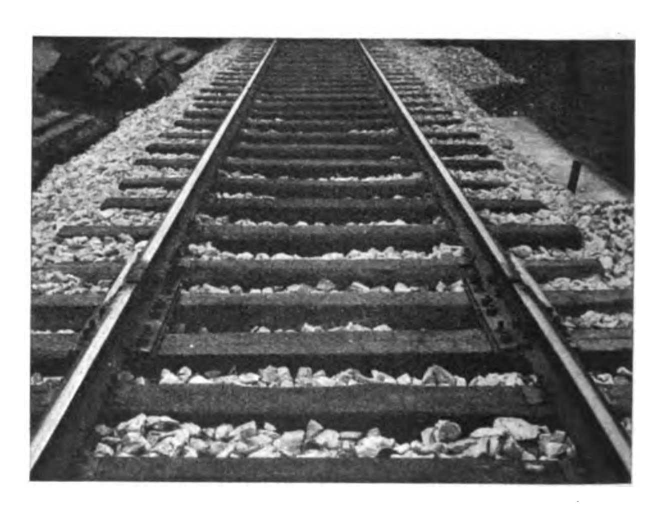


Abb. 5. Ausziehstofs Bauart Hefse (eine Schiene ist mit der Lasche fest verbunden).

Die gröfste Wanderung ist 74 mm; in der Vergleichsstrecke wurde in der gleichen Zeit eine Wanderung bis zu 160 mm gemessen. Die Strecke hat erfüllt, was von ihr der ganzen Bauart nach höchstens verlangt werden konnte. Jetzt ist aber die Wanderung bereits soweit fortgeschritten, dafs der Abschnitt als Versuchsstrecke sehr an Bedeutung verliert.

In der Versuchsstrecke I betrug die gröfste Ausdehnung 54 mm; an den Stofslücken trat bei 30 bis 35 ° C Pressung ein.

10. In der Versuchsstrecke III (Verbindungsgleis 3, Taf. 29) zeigte sich bis jetzt **keine Wanderung**. Um dieses günstige Ergebnis noch besser zu zeigen, wurden noch zwei spätere Messungen beigefügt. Das Gleis 3 wird ebenso wie Gleis 1 und 2 ständig nur in einer Richtung befahren, aber die Verwendung von Schotter, in den sich die Eisenschwellen fest einkrallen können und die Verstärkung der Reibung zwischen Schiene und Schwelle durch Pappelholzunterlagen geben dem Gleis einen festen Halt. In der gleichen Zeit ist Gleis 2 bis zu 74 mm und Gleis 1 bis zu 160 mm gewandert. Das letztere mufste, wie auch früher alle ein bis zwei Jahre, bereits zurückgezogen werden.

Das Einschottern des Schienengestänges (siehe auch Ziffer II) hat das Ergebnis nicht verbessert und war zwecklos. Der Schotter war in ständiger Bewegung.

11. Von der Versuchsstrecke III wurde nur der **321 m lange Strang** beobachtet. Dieser ist in der Mitte an zehn Schwellen nach beiden Seiten durch Stützklemmen gesichert, im übrigen schwebt er frei. Die Beobachtung der Messungsergebnisse auf Taf. 30 zeigt, dafs **die Mitte beinahe fest liegen bleibt und dafs die beiden Enden der Schienen die gröfste Ausdehnung aufweisen.** Die Stofslücken haben sich bis jetzt noch nie völlig geschlossen, so dafs die volle Ausdehnung ohne jede Druckspannung zur Geltung kam. Dagegen sind schon bei — 5 ° C auf der einen Seite derart grofse Zugspannungen aufgetreten, dafs die Laschenschrauben abgeschert wurden. Dies ist darauf zurückzuführen, dafs die Einstellung der Fugen der Ausdehnungsstöfse nicht richtig getroffen wurde. Die Bewegung wurde aber auch begünstigt durch die ungenügende Schienenbefestigung (Nagelung) und die mangelhafte Bettung (Sand). Jetzt werden die Holzschwellen durch eiserne Schwellen ersetzt und in Schotter gebettet.

Aus den Beobachtungen unter Ziffer 9 und 11 kann geschlossen werden, dafs **bei Langschienen die Wanderung geringer ist und dafs sie auch ganz aufgehoben werden kann.**

12. In der Versuchsstrecke VIII (Güterzuggleis Eibach—Nürnberg Rbf., eingleisige Bahn) wandert das Gleis von der Ausfahrweiche in Eibach an gesehen zunächst bis etwa Kurvenanfang in der Richtung nach Nürnberg Rbf. bleibt dann stehen und ändert hierauf die Bewegungsrichtung. **Das Gleis** liegt auf einem Damm und kann sich **völlig frei bewegen.** Die auf Taf. 31 dargestellten Ergebnisse sind bis jetzt aufserordentlich günstig (siehe auch Ziffer 4); die Lage der ganzen Strecke, namentlich auch die Kurve ist tadellos.

Die Wanderbewegungen (das Höchstmafs beträgt 13 mm) sind ähnlich wie bei der Versuchsstrecke III in den inneren Stöfsen nicht nennenswert (nur ist die Mitte verschoben); nach den beiden Enden zu sind sie gröfser. Die geringen Bewegungen der Schienen können auch durch das Einpressen des Gleises in die neu aufgebrachte Schotterbettung entstanden sein; für diese Annahme spricht der Umstand, dafs in dem Bogenstück der stärker belastete innere Strang eine gröfsere Bewegung zeigt als der weniger belastete äufsere Strang. **Es verhält sich also hier die ganze Strecke ähnlich wie die 321 m lange Schiene im Einfahrbahnhof.** Dieses gute Ergebnis ist darauf zurückzuführen, dafs in diesem neu verlegten Gleis die Verspannung zwischen Schwelle und Schienenfufs sehr gut ist und auch die Schotterbettung einen entsprechenden Reibungswiderstand bietet. Es darf angenommen werden, dafs auch bei einer noch wesentlich gröfseren Länge ein gleich gutes Ergebnis erzielt würde.

13. Ein sehr wichtiges, für die allgemeine Einführung reifes Anwendungsgebiet der Schienenschweifsung ist die **Schweifsung von Übergangsstöfsen zu Übergangsschienen.**

Ein Übergangslaschenstofs Form X/S 49 kostet einschliefslich der hölzernen Doppelschwelle, der Platten usw. ℳ 90.—.

Ein Übergangsschienenstofs 6 m lang ohne die Kosten für die Schiene, jedoch einschliefslich des Mehrwertes derselben, kommt auf ℳ 234.— zu stehen. Ein Schweifsstofs kostet nur ℳ 55.—.

Die Übergangslaschen X/S 49 sind recht kräftig gebaut und doch sind einige derselben schon im ersten Betriebsjahr gebrochen.

Bei den seit zwei Jahren im bayerischen Netz der Deutschen Reichsbahn-Gesellschaft eingeführten Übergangsschienen Bauart Wagner, bei denen an beiden Enden die normalen Laschenkammern nach dem Abnutzungsgrad der anstofsenden Schienenform so eingefräst werden, dafs die Fahrfläche und Fahrkante der zusammengelaschten Schienen bündig verlaufen, liegt ein neues 6 m langes Stück in der Strecke; es ist also ohne Not ein weiterer Stofs eingeschaltet; die Kosten sind unverhältnismäfsig hoch; sie werden aber noch ganz erheblich gesteigert, wenn eine Übergangsschiene in eine Kurve zu liegen kommt. Die starre Blockschiene bleibt hier nicht ruhig liegen und es sind in sehr kurzen Zwischenräumen Nacharbeiten nötig. **Man mufs** deshalb vermeiden, Übergangsschienen in Kurven zu legen oder man mufs sie gekurvt anfertigen. Alle diese Schwierigkeiten und Mehrkosten können durch die Schweifsung vermieden werden. **Die Wirtschaftlichkeit der geschweifsten Übergangsschiene steht aufser Zweifel.**

14. Es wäre auch recht lehrreich, durch **Ablauf- und Abstofsversuche** in geschweifsten und ungeschweifsten Strecken **den Wert der Schweifsung zahlenmäfsig** nachzuweisen; es ist aber äufserst schwierig, die Versuche auf die gleiche Grundlage zu stellen; auch würde nur eine gröfsere Versuchsreihe zum Ziele führen; der Kosten halber wurde davon abgesehen. Immerhin haben schon zwei Versuche gezeigt, dafs die Wagen in der geschweifsten Strecke rascher laufen und einen weiteren Weg zurücklegen.

Weiteres Vorgehen.

Die Beobachtung der Versuchsstrecke I mit den geschweifsten alten Schienen Form IX darf als abgeschlossen betrachtet werden, da die bei dieser Strecke infolge der ungenügenden Schienenbefestigung und der völlig unzureichenden Rollkiesbettung aufgetretene Schienenwanderung weitere Schlüsse von wesentlicher Bedeutung für die Verschweifsung alter Oberbauanordnungen nicht zuläfst.

Bei der Schweifsung der älteren Oberbauformen beim Einbau auf Nebenbahnen wird vor allem danach zu trachten sein, durch Verwendung elastischer Zwischenlagen und verstärkten Kleineisens eine nachhaltige Verspannung zwischen Schienen und Schwellen zu erzielen. Diese Vorbedingungen sind bei dem neuen Reichsoberbau durch dessen Konstruktion ohne weiters gegeben. Als **nächstes Ziel der Schienenschweifsung mufs daher die Herstellung von Langschienen beim Reichsoberbau in gröfseren Versuchsstrecken angestrebt werden,** auf denen durch Versuchsfahrten der Einflufs der Schienenschweifsung auf den Fahrwiderstand, auf die Fahrzeuge und sonstige Feststellungen über die Wirtschaftlichkeit der Schienenschweifsung erhoben werden können

Zur Frage der Schienenlänge.

Von Reichsbahnrat **Steinhagen**, Berlin.

Versuche, die Schienen auch in Vollbahngleisen zu verschweifsen, sind im Laufe der letzten Jahre an vielen Stellen der Deutschen Reichsbahn eingeleitet worden und werden auch noch fortgesetzt. Die Schweifsstellen kann man aber als unerwünscht schwache Punkte in dem sonst gleichmäfsigen Gefüge der Schiene betrachten. Es mufste sich also der Gedanke auf-



drängen, die Verminderung der Schienenstöfse im Gleise, die man mit dem Schweifsen der Schiene bezweckt, auf einem anderen Wege, nämlich durch Erhöhung der Schienenlänge anzustreben. Dieser Gedanke lag um so näher, als ja die Schiene in den Walzwerken in einer Länge von 60 bis 120 m von der Walze kommt, und dann erst durch Sägen in die gewünschten Einzellängen geteilt wird. Der Gedanke ist also an sich nicht neu; er war jedoch bisher stets mit der Begründung kurz abgetan worden, dafs es unmöglich sei, wesentlich längere Schienen zu verfrachten. Man nahm die Tatsache als feststehend an, dafs die Länge der Schienen bedingt sei durch die Abmessungen der längsten zur Verfrachtung verfügbaren Eisenbahnwagen.

Eine nähere Untersuchung der Frage zeigt aber, dafs die Bemessung der Schienenlänge im wesentlichen unter drei Gesichtspunkten zu behandeln ist: die Schienen müssen in der beabsichtigten Länge im Walzwerk hergestellt werden können, sie müssen sich verfrachten lassen und sie müssen den Bedürfnissen der Bahnunterhaltung genügen.

Die Bahnunterhaltung mufs verlangen, dafs die Schienen so handlich sind, dafs sie sich in der meist nur knapp bemessenen Zeit leicht einbauen und auswechseln lassen. Nach den Erfahrungen, die auf den Versuchsstrecken mit geschweifsten Schienen bereits gemacht wurden, können hier Bedenken nicht mehr erhoben werden, denn es hat sich gezeigt, dafs die Handhabung von Schienen, die zu Längen von 60 m und mehr zusammengeschweifst waren, nicht im geringsten auf Schwierigkeiten gestofsen ist, sondern mit den vorhandenen Geräten ebenso leicht bewerkstelligt werden kann wie die von Schienen gewöhnlicher Länge. Auf die Fragen des Wärmespiels und des Wanderns braucht in diesem Zusammenhange nicht näher eingegangen werden, da diese Punkte nicht ausschliefslich bei langen gewalzten Schienen, sondern in gleichem Mafse bei geschweifsten Schienen eine Rolle spielen, und auch im Zusammenhange mit den bereits erwähnten Versuchen besonders verfolgt werden.

Besonders wichtig ist dagegen die Möglichkeit der Verfrachtung. Es scheidet von vornherein jede Erörterung aus, besondere Wagen für den Versand längerer Schienen zu bauen, da ihre Herstellung lediglich für den gedachten Zweck zu unwirtschaftlich sein dürfte. Wenn dadurch auch eine beträchtliche Erhöhung der Verladelänge erreicht werden könnte, so würde die bisherige Verladeart auf Einzelwagen der Schienenlänge an irgend einem Punkte doch wieder eine neue Grenze setzen. Für die Beförderung gröfserer Schienenlängen kommen daher nur die vorhandenen Fördermittel in Frage. Der Umstand, dafs die Schienen, die in Kurven eingebaut werden sollen, im allgemeinen vorher nicht gebogen werden, und die Beobachtung, dafs diese Schienen beim Einbau sich sehr leicht in die gewünschte Krümmung biegen lassen, liefs den Schlufs zu, dafs der Elastizität des Schienenstahls solche Verbiegungen, wie er sie im Gleise aufzunehmen hat, auch während der Anfuhr zugemutet werden könnten. Bestärkt wurde diese Annahme durch Feststellungen über das Verhalten einiger Schienen, die bei Unfällen aufserordentlich stark verbogen worden waren, jedoch keinerlei bleibende Formänderungen zeigten, sondern nach Lösen aus dem Gleisverbande sich wieder vollkommen gerade ausrichteten. War die Schlufsfolgerung angängig, so bestand die Möglichkeit, eine Schiene zum Versand auf zwei oder mehr Wagen zu lagern und sie zu zwingen, während der Bogenfahrt sich der Krümmung des Gleises entsprechend einzustellen. Versuche haben die Richtigkeit der Überlegung bestätigt. Es würden zunächst Versuchsfahrten mit einer 30 m langen Schiene, die aus zwei je 15 m langen Schienen durch Verlaschung hergestellt und auf zwei vierachsigen Plattformwagen (SS-Wagen) verladen war, in Bahnhofsgleisen vorgenommen. Hierbei zeigte sich, dafs schon ohne besondere Befestigungen die Reibung zwischen Schienenfufs und Wagenboden vollkommen ausreichte, um die inneren Kräfte der Schiene zu überwinden und sie zu veranlassen, in Kurvenfahrten, die durch Gegenkrümmungen von 180 m Halbmesser gingen, sich der Bewegung der Wagen in den Krümmungen des Gleises anzupassen. Die Versuche wurden dann nach der Länge und der Zahl der Schienen erweitert, so dafs schliefslich vier SS-Wagen mit zwanzig je 60 m langen Schienen, die aus 15 m langen Teilstücken durch Verlaschen gebildet waren, beladen wurden. Auch bei den Fahrten, die mit dieser Ladung durch die erwähnten Gegenkrümmungen mit 45 km Geschwindigkeit ausgeführt wurden, zeigten sich nicht die geringsten Anstände. Die langen Schienen folgten vielmehr leicht und gleichmäfsig den Gleiskrümmungen und stellten sich hier auch in den Gegenkrümmungen vollkommen parallel zu den Schienen des Gleises ein, auf dem die Wagen rollten. Es zeigte sich sogar, dafs diese Einstellung bei der nur auf zwei Wagen verladenen 30 m langen Schiene am ungünstigsten erfolgte, dagegen um so ruhiger und glatter vor sich ging, je länger die Schienen waren. Damit bestand vom Förderstandpunkt aus für die Schienenlänge überhaupt keine Beschränkung mehr.

Für die praktische Anwendung sind diese Versuchsergebnisse bisher aus Gründen, die in der Herstellung der Schienen liegen und die später noch zu erläutern sind, nur für Schienenlängen von 25 und 30 m ausgenutzt worden. Die erste Gelegenheit bot sich im Sommer vorigen Jahres, als die Klöckner-Werke in Georgsmarienhütte für die neue Elbebrücke bei Hämerten die Auswalzung von 25 m langen Schienen übernahmen. Die Überführung dieser Schienen, die, wie oben geschildert, immer auf zwei SS-Wagen geladen waren, von Georgsmarienhütte nach Hämerten erfolgte durch Sonderfahrt mit Eilgüterzuggeschwindigkeit und hat nicht zu den geringsten Beanstandungen Anlafs gegeben. Die Ladung lag nach Ankunft des Zuges in Hämerten genau so gleichmäfsig und sauber ausgerichtet, wie sie vor der Abfahrt gelegen hatte. Das Durchfahren der Krümmungen auf dem mehr als 300 km langen Reisewege hatte nicht die geringste Verschiebung der Ladung verursacht. Allerdings mufs doch der Befestigung der Schienen eine gewisse Sorgfalt zugewendet werden, da zwar nicht die Fahrt durch Gleiskrümmungen, wohl aber die sonstigen Betriebsstöfse die ruhige Lage der Ladung zu beeinflussen geeignet sind. Da der Weg, den in Krümmungen die innen und aufsen liegenden Schienen zurücklegen, verschieden ist, so darf ihnen die Möglichkeit der Längsbewegung nicht genommen werden. Eine Befestigung in dieser Richtung ist also nicht erforderlich; es wurde nur, um bei unvermuteten Betriebsstöfsen ein etwaiges Rutschen der ganzen Ladung oder einzelner Schienen zu verhüten, in 20 cm Entfernung von den Schienenenden ein Kantholz quer über den Wagenboden aufgenagelt. Ebenso mufs den Schienen für die Querbewegung, die zur richtigen kreisförmigen Einstellung in Krümmungen nötig ist, und die sich an denjenigen Enden der Wagen vollzieht, an denen die Ladung auf den nächsten Wagen übergeht, Freiheit gelassen werden. Hierfür ist auf beiden Langseiten ein Abstand von etwa 20 cm zwischen Ladung und Rungen der Wagen erforderlich und beim Verladen vorzusehen. Dagegen ist, um eine Querverschiebung der aufsen liegenden Schienen bis dicht an die Rungen zu vermeiden und der dadurch entstehenden Gefahr vorzubeugen, dafs diese Schienen sich dann bei der Kurvenfahrt nicht mehr kreisförmig einstellen, sondern um die Endrungen der Wagen knicken können, jede weitere Bewegung der Schienenladung quer zur Fahrtrichtung unerwünscht und zu vermeiden, und dieser Befestigung mufs, wenn es sich um einen Versand auf gröfsere Entfernungen handelt, Aufmerksamkeit zugewendet werden. Die Schienen sind auf dem Wagenboden ganz dicht Fufs an Fufs ohne jeden Zwischenraum zu lagern und auf jedem Wagen einmal in der Mitte fest und unverschieblich gegen die Rungen abzusteifen. Auch ist darauf zu achten,

dafs nur Schienen annähernd gleicher Länge nebeneinander gelagert werden, da sonst die Gefahr besteht, dafs die längeren Schienen um die Enden der kürzeren knicken können.

Zwei weitere Versendungen solcher Schienen wurden kürzlich von der Friedrich-Alfred-Hütte in Rheinhausen zur Baustelle der neuen Rheinbrücke bei Duisburg und nach Vohwinkel durchgeführt. Es handelte sich hierbei um 30 m lange Schienen, die Krupp zur Zeit zu Versuchszwecken auswalzt. Auch hier haben sich alle Erwartungen und Annahmen wieder bestätigt. Die Abbildung zeigt eine



Eine Ladung von 30 m langen Schienen in einer Gleiskrümmung von 225 m Halbmesser.

Teilladung dieser Schienen in einer Krümmung von 225 m Halbmesser im Werkhof der Friedrich-Alfred-Hütte; es sind hier sogar Krümmungen von 85 m Halbmesser anstandslos durchfahren worden. Besonders bemerkenswert ist, dafs bei der ersten dieser Beförderungen an einer auf der übrigen Ladung seitwärts liegenden Schiene festgestellt werden konnte, dafs die Elastizität des Schienenstahls die Anpassung an die Kurvenbewegung des Fahrzeuges sogar über Schienenkopf und Schienenfufs, also auch entgegen dem gröfseren Widerstandsmoment des Schienenquerschnittes, zuläfst. Diese Beobachtung gab Veranlassung, mit der zweiten dieser Ladungen, die von Rheinhausen über Krefeld nach Vohwinkel ging, versuchsweise über einen Ablaufberg zu fahren; ein Hochheben der Schienenenden trat auch hierbei nicht ein, obwohl die Wagen bis zur Grenze der Tragfähigkeit beladen waren und auf je zwei SS-Wagen 44 Schienen in zwei Schichten ineinander gekantet lagen.

Das Verladen der Schienen konnte im Werkhofe mit den vorhandenen Krananlagen ohne jede Schwierigkeit durchgeführt werden, aber auch das Abladen der langen Schienen auf dem Lagerplatz der Bahnmeisterei oder auch unmittelbar an der Verwendungsstelle geht sehr leicht vor sich. Entweder können die Schienen über schräg seitlich angesetzte, etwa 5 m lange Schienenstücke rutschend heruntergeschoben oder mit der Abladevorrichtung der Firma zur Nieden, Alten-Essen, leicht entladen werden. Die Gefahr des Verkantens wächst natürlich mit zunehmender Länge der Schiene, die Beachtung dieses beim Entladen bringt aber keine besonderen Schwierigkeiten mit sich.

Erscheint danach die Schienenlänge kaum mehr eine Frage des Versandes zu sein, so ist sie gegen alle Erwartung stark eine Frage der Herstellung. Natürlich stofsen die ersten Versuchsauswalzungen gröfserer Schienenlängen auf Schwierigkeiten, da alle Einrichtungen für das Zurichten der Schienen in den Werken auf Regellängen von 15 oder 18 m eingestellt sind, so dafs gröfsere Schienenlängen die Umstellung einiger Bearbeitungsmaschinen erforderlich machen. Abgesehen hiervon soll jedoch nach Angabe der Werke mit wachsender Länge der fertigen Schiene auch der Abfall so stark steigen und das Richten dieser langen Schienen solche Schwierigkeiten mit sich bringen, dafs der Stahlwerksverband für solche Schienen einen Aufpreis verlangt, der die Frage noch ungeklärt läfst, ob es wirtschaftlich sein wird, die Schienenlänge erheblich heraufzusetzen. Eine Berechnung hierfür aufzustellen, ist kaum möglich, da für den wichtigsten Vergleichsposten, nämlich die Ersparnisse in der Unterhaltung des Oberbaus und der Fahrzeuge sowie für den zu erwartenden Minderverbrauch an Zugkraft (Ersparnisse an Kohle), zahlenmäfsige Unterlagen nicht vorhanden sind und auch Schätzungen kaum einigermafsen sicher gemacht werden können. Die Klärung dieser Punkte mufs also noch Aufgabe der Versuche bleiben; immerhin ist die Frage doch so wichtig, dafs sie verfolgt zu werden verdient und dafs, nachdem Schwierigkeiten des Versands nicht mehr bestehen und die grundsätzliche Genehmigung solcher Ladungen zu erwarten steht, die weitere Ausdehnung der Versuche mit Schienen von solcher oder noch gröfserer Feldlänge auch auf Schnellzugstrecken berechtigt ist.

Der Fufsklammerstofs System Melaun und sein Einflufs auf die Beweglichkeit der Schienenenden.

Von Reichsbahnrat **Leussler**, Karlsruhe.

Bei der Beurteilung der Frage, ob die Beweglichkeit der Schienenenden in Fufsklammerstöfsen (Melaun) durch die Keilwirkung wesentlich beeinflufst wird, darf ein Umstand nicht aufser Betracht bleiben, der die Untersuchungsergebnisse, wie sie Prof. Dr. Ing. Ammann in seiner Abhandlung im Heft Nr. 5 des »Organs« vom 15. März 1927 niedergelegt hat, ergänzt. Die Befürchtung, die Beweglichkeit der Schienenenden könne durch zu starke Verspannung des verkeilten Stofses wesentlich beeinträchtigt oder sogar aufgehoben werden, wird dabei völlig beseitigt. Dieser Nebenumstand ist die Klemmwirkung der Schienenbefestigungsteile, wie sie schon mehrere Jahrzehnte beim badischen und neuerdings beim Reichsoberbau B verwendet werden.

Die Klemmwirkung dieser Schienenbefestigungsteile (Klemm- oder Spannplatten mit Spannschrauben) ist — immer gute Unterhaltung vorausgesetzt — zweifellos erheblich gröfser als die Schraubenspannung der Laschenschrauben und sie wird dort noch erhöht, wo zwischen Schienenfufs und Schwellenrücken Holzzwischenlagen eingelegt werden, zumal wenn die vorzeitige Lockerung der Schraubenmuttern durch Spreng- oder Federringe hintangehalten wird.

Dafs diese Klemmwirkung der Schienenbefestigungsteile ein Vielfaches der Spannung ist, die durch das feste Anziehen der Laschenschrauben zwischen Schiene und Laschen hervorgerufen wird und dafs der Einflufs der Verspannung durch die Melaunsche Keilfufsklammer ihr gegenüber verschwindend klein ist und deshalb für die Beweglichkeit der Schienenenden in den Stofsverbindungen ganz aufser Betracht bleiben kann, soll im folgenden gezeigt werden.

In der oben angeführten Abhandlung ist die Schraubenspannung für eine fest angezogene Laschenschraube auf 6 bis 7 t angegeben, was bei vier Schrauben am Stofs eine Gesamtspannung

von 24 bis 28 t ergibt. Unter der wohl berechtigten Annahme, dafs mit der Klemmplattenschraube in Verbindung mit der Klemmplatte dieselbe Spannung erzeugt werden kann, erhält man für eine Schiene von 15 m Länge mit 24 Schwellen eine gesamte Klemmspannung in den Schraubenbolzen von $24 \times 2 \times 6 = 288$ t bis $24 \times 2 \times 7 = 336$ t. Da aber die Klemmplatte mit ihren beiden Klemmansätzen die Schraubenspannung je zur Hälfte auf den Schwellenrücken und auf den Schienenfufs überträgt, so kommt auf die Klemmung des Schienenfufses nur die Hälfte der Gesamtspannung, also eine Spannung von 144 bis 168 t. Ist hiergegen die Gesamtspannung in den Laschenbolzen mit 24 bis 28 t schon sehr gering (nur $^1/_6$) so ist die Spannung, die am Stofse durch die Keilfufskammer erzeugt wird und die durch die Versuche im Laboratorium des Instituts für Strafsen- und Eisenbahnwesen an der technischen Hochschule in Karlsruhe zu etwa 2,5 t ermittelt wurde, so gering, dafs sie für die Beeinflussung der Beweglichkeit der Schienenenden an den Stöfsen ernstlich nicht in Betracht kommt, denn sie beträgt etwa

$^1/_{10}$ bis $^1/_{12}$ der Gesamtspannung in den Laschenbolzen,
$^1/_{60}$ bis $^1/_{70}$ der Gesamtspannung am Schienenfufs und
$^1/_{70}$ bis $^1/_{80}$ der Gesamtspannung überhaupt.

Noch günstiger würde sich dieses Ergebnis gestalten, wenn man — was der Finanz- und Baurat R. Scheibe durch umfassende Versuche an der technischen Hochschule in Dresden festgestellt hat — einen wirksamen Schraubenzug von etwa 8 t annehmen wollte, denn dann erhielte man für obigen Gleisstofs mit 15 m langen Schienen und 24 Eisenschwellen allein für die Klemmspannung der Schiene $\frac{24 \times 2 \times 8}{2} = 192$ t, also etwa das 90fache der Spannung, wie sie durch die Melaunsche Keilstofsverbindung verursacht wird.

Es darf natürlich nicht damit gerechnet werden, dafs diese hohen Spannungen der Klemmplattenschrauben dauernd anhalten, denn wir haben leider noch keine Schienenbefestigung, die eine wirklich starre Verbindung zwischen Schienenfufs und Schwelle so verbürgt, dafs sie dauernd durch die Betriebsbeanspruchungen unbeeinflufst bleiben könnte. Auch die Befestigungsweise, wie sie die Scheibe-Schwelle hat, mufs dabei mit einbegriffen werden. — Das Spiel der Kräfte wird auch mit der Zeit die anfänglich sehr starke Verspannung des Melaunschen Fufsklammerstofses lösen und die Auswechslung der Keile notwendig machen. Auf alle Fälle aber ist nach obigem die Befürchtung, dafs die Beweglichkeit der Schienenenden durch die Verspannung beim Melaunschen Fufsklammerstofs wesentlich beeinflufst werden könnte, durchaus unbegründet.

Geschäftsbericht der Deutschen Reichsbahn-Gesellschaft über das 2. Geschäftsjahr 1926.

Der Geschäftsbericht umfafst das Kalenderjahr 1926. Nach einem Überblick über die wirtschaftlichen Verhältnisse und die allgemeine Leitung des Unternehmens werden der Betriebsabschlufs und die Bilanz veröffentlicht. Aus den danach folgenden statistischen Übersichten sind die nachstehenden Zahlenangaben in technischer Beziehung wissenswert:

Durchschnittliche Betriebslängen der Hauptbahnen	30 474 km
» » » Nebenbahnen	21 928 »
» » der Schmalspurbahnen	934 »
» » der Schiffsstrecken	691 »
Geleistete Lokomotivkilometer insgesamt	968 185 × 1000 km
Hiervon entfallen auf Dampfbetrieb . .	942 448 × 1000 »
» elektrischen Betrieb	18 858 × 1000 »
» sonstige Triebwagen	6 879 × 1000 »
Von der Gesamtzahl der geleisteten Lokomotivkilometer entfallen Nutzkilometer	
auf Dampfbetrieb . .	554 834 × 1000 km
» elektrischen Betrieb	16 356 × 1000 »
» sonstige Triebwagen	6 607 × 1000 km
Geleistete Wagenachskilometer insgesamt	26 570 422 × 1000 km
Hiervon entfallen auf Personenwagen	9 243 369 × 1000 »
» Güterwagen	17 208 186 × 1000 »
» dienstl. Verkehr	118 867 × 1000 »
Bestand an Lokomotiven und Triebwagen am Ende des Jahres insgesamt	26 474
Davon entfallen auf Dampflokomotiven	25 616
» elektrische Lokomotiven . . .	301
» Triebwagen mit Oberleitung . .	343
» sonstige Triebwagen	210
» Lokomotiven mit Verbrennungsmotor	4
Bestand an Wagen am Ende des Jahres insgesamt	755 871
Davon Personenwagen	63 476
Gepäckwagen	21 556
reichsbahneigene Postwagen	532
Güterwagen	670 307

Aus den weiterhin im Geschäftsbericht folgenden acht besonderen Abschnitten sei folgendes hervorgehoben:

Abschnitt I. Verkehr und Betrieb.

Die Kosten für den Lokomotivdienst sind weiter gesunken. Trotz der höheren Leistungswertziffern der Lokomotiven ist der Kohlenverbrauch, bezogen auf 1000 Lokomotivkilometer, gegenüber dem Vorjahre um 3,0 v. H. zurückgegangen und damit um 1,6 v. H. unter den Friedensverbrauch gesunken. Seit 1. April 1926 ist für das Lokomotivpersonal eine Brennstoffersparnisprämie eingeführt worden. Die Ausnutzung und Leistung der Triebwagen wurde gesteigert; auch kamen neue Triebwagen mit Explosionsmotoren und Dieselmotoren zur Verwendung. Der Ausbesserungsstand der Dampflokomotiven betrug im Jahresdurchschnitt 17,9 v. H. Zwischen zwei allgemeinen Ausbesserungen leistete eine Lokomotive im Durchschnitt 73 000 km. Die Einführung der durchgehenden Güterzugbremse (Kunze Knorr-Bremse) ist beendet. Die schon früher begonnenen Versuche mit Vorrichtungen, die das Überfahren von Haltsignalen verhüten sollen, wurden fortgesetzt.

Der elektrische Zugbetrieb konnte infolge der gespannten Finanzlage nur in beschränktem Umfange ausgebaut werden. Er wurde eingerichtet auf der Fernstrecke Landshut—Regensburg und einigen kurzen Güterzugstrecken, ferner auf der Berliner Vorortstrecke Schönholz—Reinickendorf—Velten. Im gesamten Bereich der Deutschen Reichsbahn waren Ende 1926 rund 1066 km Streckenlänge für elektrischen Betrieb eingerichtet. Auf einigen weiteren Strecken wurde der elektrische Ausbau weiter gefördert.

Ab 7. Januar 1926 ist bei der Deutschen Reichsbahn-Gesellschaft die sogenannte Zugtelephonie zunächst auf der Strecke Berlin—Hamburg eingeführt worden. Die Einführung für weitere 18 Strecken ist geplant.

Abschnitt II. Tarife, Abschnitt III. Finanzen und Abschnitt IV. Personalwesen

sind in technischer Beziehung ohne wesentlichen Belang.

Abschnitt V. Bauwesen.

Die Bautätigkeit mufste in der ersten Hälfte des Jahres 1926 wegen des Rückganges der Verkehrseinnahmen stark eingeschränkt werden. In der zweiten Hälfte des Jahres standen jedoch Mittel durch die vom Reich und einzelnen Ländern gewährten Darlehen zur Verfügung, so dafs eine gröfsere Anzahl stillgelegter Bauten wieder weitergeführt und einige neue Strecken dem Betriebe übergeben werden konnten. Auch eine Reihe von Umbauten und Erweiterungen von Bahnhöfen konnte vorgenommen werden.

Die Arbeiten zur Wiederherstellung eines ordnungsmäfsigen Zustandes der Bahnunterhaltung sind planmäfsig weitergeführt worden. Es wurden 4043 km Hauptgleise mit Neustoffen vollständig erneuert. Die gewonnenen wiederverwendbaren Altstoffe wurden in Nebengleise eingebaut. Nach den Feststellungen des Ausschusses zur Untersuchung des Betriebszustandes des Oberbaues befindet sich der Oberbau meist in einem besseren Unterhaltungszustande als vor dem Kriege. Die Rückstände in den Gleiserneuerungen beeinträchtigen die Betriebssicherheit nicht; dagegen wirken sie wirtschaftlich nachteilig.

Der Reichsoberbau K mit Schienen S 49 auf Holzschwellen ist in einer Länge von 948 km erstmalig verlegt worden. Der im Jahre 1925 erstmalig verlegte Reichsoberbau B mit Schienen S 49 auf Eisenschwellen wurde im Berichtsjahre in einer Länge von rund 2021 km eingebaut. Ferner sind Versuche unter Verwendung der modernen Schweifstechnik gemacht worden.

Die Verstärkung und der Umbau der eisernen Brücken wurden nachdrücklichst gefördert und eine gröfsere Zahl von Brücken und Ingenieurhochbauten fertiggestellt. Die Erfahrungen mit dem im Jahre 1925 neu eingeführten hochwertigen Baustahl »St 48« sind durchaus gute bei grofsen Ersparnissen. Mit Siliziumstahl wurden eingehende Versuche gemacht, die zu weiteren Erprobungen Anlafs geben.

Eine gröfsere Anzahl abgenutzter oder veralteter Stellwerke wurde erneuert, ferner die elektrische Streckenblockung weiterhin ausgebaut. Die Vorortstrecke Berlin-Lichterfelde Ost hat selbsttätige Streckenblockung erhalten. Diese Anlage stellt die erste Anwendung des selbsttätigen Blocksystems bei der Reichsbahn dar. Die elektrische Signal- und Weichenbeleuchtung wurde vermehrt. Die Einführung von Nebellichtsignalen und der Vorsignalbaken dienen zur Erleichterung der Auffindbarkeit der Vorsignale. Die Lösung der Aufgabe, durch selbsttätig wirkende Vorrichtungen das Überfahren der Haltsignale zu verhindern, wurde durch umfangreiche Versuche der Verwirklichung nahe gebracht. Zur Zeit sind Probeeinrichtungen mit diesen sogenannten Zugbeeinflussungen auf Strecken von insgesamt 860 km im Gange. Sie arbeiten mit mechanischer, elektromagnetischer, optischer oder akustischer Übertragung. Das Fernmelde- und Fernsprechwesen wurde durch Ausbau von Leitungen, von 20 Selbstanschlufsämtern usw. wesentlich verbessert.

Abschnitt VI. Rollendes Material.

Von den neuen Einheitslokomotiven sind Vierzylinder-Schnellzuglokomotiven in Verbund und Zwillingsbauart sowie eine E-Güterzuglokomotive angeliefert und erprobt worden. Auch leichtere Lokomotiven, vier und fünfachsig, und mit geringerem Achsdruck wurden ausgearbeitet. Eine Höchstdrucklokomotive für 60 at Betriebsdruck und zwei Turbinenlokomotiven sowie kleinere Diesellokomotiven sind der Erprobung zugeführt worden. Bei den elektrischen Lokomotiven wurden neben anderen Typen auch zwei Versuchs-Schnellzugslokomotiven mit neuartigem Einzelachsantrieb in Auftrag gegeben.

Bei den Personen- und Güterwagen wurde der Austauschbau gefördert und der Einbau der verstärkten Kupplungen, Hülsenpuffer und Tragfedern aus Stahl von 85 kg/mm Festigkeit fortgesetzt. Bei den D-Zugwagen wurde die elektrische Maschinenbeleuchtung in vermehrtem Mafse angewendet; bei 58 D-Zugwagen wurde die elektrische Heizung eingebaut, die für den Übergang nach der Schweiz neuerdings erforderlich ist. Die durchgehende Güterzugbremse (Bauart Kunze Knorr »G«) wurde durch eine Vermehrung der Bremswagen und durch Ausrüstung von Arbeitswagen und Bahndienstwagen ergänzt. Am Schlusse des Jahres 1926 waren rund 330 000 Güterwagen mit Druckluftbremse und 290 600 mit Druckluftleitung ausgerüstet. Die Nachrechnung der Kosten und der erzielten Ersparnisse hat die hohe Wirtschaftlichkeit dieser Einrichtung erwiesen.

In der Stoffwirtschaft wurden Verbesserungen durch neue Lieferungsbedingungen und verschärfte Abnahme erreicht.

VII. Werkstättenwesen.

Unter dem Drucke der schwierigen Wirtschaftsverhältnisse wurde die Rationalisierung des Werkstättendienstes weiter geführt, wobei die Vorteile der Normalisierung, Reihen- und Massenarbeit, Fertigung und Sonderung der Fahrzeuge nach Gattungen sich auswirken können. Es wurden fünf Werkstätten und 15 Werkstättenabteilungen geschlossen. Die Zahl der Werkstättenarbeiter ist von 118 525 im Dezember 1925 auf 105 627 im September 1926 gesunken. Mit den vorhandenen Mitteln wurden die wenigen und bereits eingeschränkten Werkstätteneubauten weitergeführt. Neu in Angriff genommen wurde nur der Bau einer Sonderwerkstätte in Berlin-Niederschöneweide für die Unterhaltung der elektrischen Trieb- und Beiwagen der Berliner Stadt- und Vorortbahnen.

VIII. Beschaffungswesen.

Aus finanziellen Gründen war zu Beginn des Jahres eine durchgreifende Zurückhaltung beim Einkauf nötig. Durch verschiedene Reichskredite trat am Jahresende eine Erleichterung ein. Die Einkäufe erfolgten im allgemeinen in gleicher Höhe wie im Vorjahre. Die etwas gröfsere Fahrzeugbeschaffung hielt sich in sehr engen Grenzen und erstreckte sich hauptsächlich auf Sonderbauarten, die im Betriebe gebraucht wurden oder der Weiterentwicklung der Einheitsbauarten und des Austauschbaues dienten. In den letzten Wochen des Jahres wurde mit der Deutschen Wagenbau-Vereinigung ein mehrjähriger Vertrag auf Lieferung von Eisenbahnwagen abgeschlossen mit dem Ziele durch rationellere Arbeitsmethoden die Herstellung der Fahrzeuge wesentlich zu verbilligen und die Zahl der Produktionsstätten einzuschränken. Pfl.

Die mechanisch angetriebene Diesellokomotive mit fester Übersetzung und mehreren, einzeln kuppelbaren Motoren.

Zu dem unter obigem Titel erschienenen Aufsatz des Herrn Oberingenieurs Günther, Efslingen, auf S. 39 des Organs, erhalten wir von Herrn Professor Dr. Lomonossoff folgende Zuschrift:

Mit den in dem Aufsatz des Herrn Oberingenieur Günther geäufserten Anschauungen einschliefslich des Titels kann man sich, so interessant die Ausführungen auch sind, in vielen Punkten nicht einverstanden erklären. Die Diesellokomotive Günthers ist keine Lokomotive mit starrer Übertragung, sondern nur eine Lokomotive, bei der die Räder mit dem Dieselmotor starr verbunden werden können. In dieser Hinsicht unterscheidet sich die Lokomotive von Günther von der Diesellokomotive mit Zahnradgetriebe nur dadurch, dafs bei letzterer die starre Verbindung bei mehreren Werten der Übersetzungszahl

$$\nu = \frac{z}{n}$$

möglich ist, worin z die Drehzahl des Dieselmotors und n die der Räder sind, während bei der Lokomotive von Günther nur eine Übersetzungszahl vorhanden ist. Starre Übertragung haben Dampflokomotiven, hatte die Diesellokomotive von Gebr. Sulzer. Die Diesellokomotive von Günther aber ist eine Diesel-Getriebelokomotive mit einem einzigen Arbeitswert der Übersetzungszahl,

da bei ihr wie auch bei allen übrigen Diesellokomotiven der Dieselmotor von den Rädern getrennt werden kann. Diese Fähigkeit ist unbedingt notwendig und der Mifserfolg der Sulzer-Lokomotive erklärt sich hauptsächlich dadurch, dafs bei ihr tatsächlich eine starre Übertragung vorhanden war, d. h. die Räder waren stets mit dem Dieselmotor starr verbunden.

In bezug auf diesen Umstand sind wir anscheinend mit Günther völlig einig. Die Werte der Übersetzungszahl $\nu = 0$ (der Motor läuft, während die Räder stehen) und $\nu = \infty$ (der Motor steht, während die Räder rollen) ist für jede Diesellokomotive unbedingt notwendig. Die Meinungsverschiedenheit besteht darin, ob ein Arbeitswert der Übersetzungszahl ν genügt. Nach Meinung von Günther genügt nicht nur ein einziger Wert, sondern eine solche Lokomotive ist sogar als die ideale Lokomotive anzusehen (Seite 39). Nach Meinung des Schreibers dieser Zeilen dagegen ist eine solche Lokomotive nur für Personenzugdienst brauchbar und auch das nur auf Strecken mit sehr gleichmäfsigem Profil, ähnlich der Strecke Berlin—Hannover.

Dies beruht darauf, dafs die Leistung jedes Dieselmotors fast proportional mit seiner Drehzahl wächst. Bei der Günther-Lokomotive dagegen mit einer einzigen Übersetzungszahl ν ist die Zuggeschwindigkeit

$$V = \frac{3{,}6\,\pi\,D z}{\nu},$$

worin D der Durchmesser der Treibräder ist, der Drehzahl des Dieselmotors z proportional. Mit anderen Worten, bei der Günther-Lokomotive kann die volle Leistung des Dieselmotors nur bei der Höchstgeschwindigkeit entwickelt werden. Nun kann aber eine Lokomotive nur dann als Ideallokomotive angesehen werden, wenn die volle Leistung des Primärmotors bei jeder beliebigen Geschwindigkeit entwickelt werden kann. Diesem Ideal kommt die Diesellokomotive mit elektrischer Übertragung am nächsten, dann folgt die Dampflokomotive und die Diesellokomotive mit Gasübertragung und zuletzt kommen die Diesellokomotiven mit einer einzigen Übersetzungszahl, wie z. B. die Diesellokomotive von Günther, Ssidoroff*) und der Taschkenter Eisenbahn**).

Es ist nur zu beachten, dafs eine Abweichung von diesem Ideal unter verschiedenen Verhältnissen des Eisenbahndienstes verschiedenartige Nachteile mit sich bringt. Es hängt nämlich alles von dem Verhältnis folgender drei Geschwindigkeiten ab: V_e — bei der die höchste Zugkraft aus dem Reibungsgewicht noch ausgenutzt werden kann; V_n — der normalen Geschwindigkeit; V_m — der Höchstgeschwindigkeit. Ferner ist wesentlich, dafs unter den derzeitigen Verhältnissen

$$V_m \simeq 3\,V_e$$

ist, und daher die Art der Lokomotivarbeit durch die normale Geschwindigkeit bestimmt wird. Im Schnellzugdienst, insbesondere auf ebenen Strecken, nähert sich die normale Geschwindigkeit V_n der Höchstgeschwindigkeit V_m; im Vorortverkehr nähert sich die normale Geschwindigkeit infolge der häufigen Beschleunigungs-Perioden der Geschwindigkeit V_e; im Güterzugverkehr im hügeligen Gelände ist V_n ebenfalls nahe V_e; im Rangierdienst ist gewöhnlich $V_n < V_e$.

Hieraus wird klar, dafs, abgesehen von dem letzteren Fall, bei dem die elektrische Übertragung unerreicht dasteht, eine Diesellokomotive ähnlich der Güntherschen im schweren Güterzugverkehrsdienst sowie im Vorortverkehr gewöhnlich nur etwa 30 bis 50% ihrer Höchstleistung entwickeln wird. Entweder werden diese 30 bis 50% für normale Arbeit nicht ausreichen, oder es wird notwendig sein, einen Dieselmotor zu verwenden und dauerd mitzubefördern, der eine zwei- bis dreimal höhere Leistung besitzt, als für den normalen Dienst notwendig ist.

Günther beschreitet den zweiten Weg und man mufs zugeben, dafs er die Schwierigkeiten der Aufgabe in bezug auf das Gewicht glänzend löst. Infolge der Verwendung sehr schnellaufender Dieselmotore und des geringen Gewichts seines Getriebes erzielt er bei einer Motorleistung, die nur 70% höher ist als bei elektrischer Übertragung notwendig wäre, fast dasselbe Dienstgewicht der Diesellokomotive. Die Verwendung solcher schnellaufender Dieselmotoren würde nun aber, erstens, auch das Gewicht der elektrischen Übertragung herabsetzen, zweitens, sind die Anschaffungskosten sowie die Unterhaltungs- und Reparaturausgaben von Brennkraftmaschinen proportional nicht ihrem Gewicht, sondern ihrer Leistung. Bei einer Bauart von sehr geringem Gewicht sind diese Ausgaben für 1 PS nicht geringer, sondern höher als bei einer schweren Bauart. Infolgedessen sind die Gesamtausgaben für Tilgung, Unterhaltung und Ausbesserung von Diesellokomotiven des Günther-Typs, infolge der übermäfsigen Leistung der verwendeten Motoren nicht geringer, sondern gröfser als bei Diesellokomotiven, bei denen die Leistung des Motors bei beliebigen oder mindestens bei mehreren Geschwindigkeiten ausgenutzt werden kann.

Für Schnellzugverkehr auf einer Strecke ähnlich der Strecke Berlin—Hannover ist die Günther-Lokomotive unbedingt vorteilhafter als jede andere. Für eine Strecke dagegen ähnlich der Strecke Stuttgart—Ulm, für die Günther seinen Vergleich durchführt, ist dies sehr zweifelhaft. Für schweren Güterzugverkehr dagegen, wo die Vereinfachung des Getriebes durch die Notwendigkeit der Anschaffung, Erhaltung, Ausbesserung und Mitbeförderung eines Motors mit der dreifachen Leistung erkauft wird, wäre eine solche Lokomotive gänzlich unbrauchbar.

Der Entwurf von Günther, als Vorschlag einer Universallösung des Diesellokomotiv-Problems, wird daher vom Schreiber dieser Zeilen nicht als ein Fortschritt zu dieser Lösung, sondern als ein Rückschritt um 17 Jahre zurück zum Entwurf der Taschkenter Eisenbahn beurteilt. Seit jener Zeit stellten die Theorie und die Praxis unzweifelhaft fest, dafs diese Aufgabe nur auf folgende zwei Arten und nicht anders gelöst werden kann: durch Schaffung einer billigen und in bezug auf die Regelung elastischen Übertragung, oder durch Ersatz des Dieselmotors durch einen anderen elastischeren Motor. Die Mehrzahl der russischen Fachleute geht unter Wahrung des Grundsatzes von Grinewetzki den zweiten Weg, während die deutsche Technik und der Schreiber dieser Zeilen dem ersten Weg den Vorrang geben. Hierbei wäre es falsch anzunehmen, dafs die in Deutschland für die russischen Bahnen gebauten Diesellokomotiven in dieser Hinsicht bereits alle Möglichkeiten erschöpften. Es sind dies im Gegenteil die ersten, absichtlich vorsichtigen Versuche, an die Lösung des Diesellokomotiv-Problems heranzutreten. Es lohnt sich deshalb nicht, die bei dem Bau dieser Lokomotiven gemachten Fehler nicht nur beim Bau neuer Lokomotiven, sondern auch bei Vergleichsberechnungen zu wiederholen. Ich denke hierbei an das grofse Gebiet der infolge der Begrenzung durch die Dynamo-Erregung nicht ausgenutzten Motorleistung der 1-E-1 Diesel-elektrischen-Lokomotive, Nr. 001 was Günther auch bei seiner 2-C-2 Lokomotive mit elektrischer Übertragung voraussetzt. Aus diesem Grunde erhielt er auch für seine Lokomotive einen Wirkungsgrad von nur 22%.

Lomonossoff.

*) Veröffentlichungen des Wissenschaftlich-Technischen Komitees des Verkehrskommissariats, Moskau, Nr. 24, 1926, Seite 7.

**) Lomonossoff, Diesel-elektrische Lokomotive 1924, Seite 20 bis 22.

Zu den vorstehenden Ausführungen des Herrn Professor Lomonossoff erwidert Herr Oberingenieur Günther:

Die im Organ 1927, Seite 39, beschriebene, mechanisch angetriebene Diesellokomotive hat eine Kraftübertragung von unveränderlicher, also fester Übersetzung im Gegensatz zu der Diesellokomotive mit einer Leistungsübertragung. Bei dieser kann der Motor mit annähernd konstanter Leistung arbeiten und am Lokomotivrad bei veränderlicher Fahrgeschwindigkeit und Zugkraft eine annähernd konstante Leistung wie die Dampflokomotive, abgeben. Während nun der Kessel der Dampflokomotive aus baulichen Gründen ein Krafterzeuger von annähernd konstanter Leistung ist, kann der Motor in der Leistung so innerhalb wirtschaftlicher Grenzen geregelt werden, dafs die Diesellokomotive mit unmittelbarem Antrieb in der Fahrgeschwindigkeit und Zugkraft mindestens ebenso anpassungsfähig ist, wie die Dampflokomotive, oder die mittelbar angetriebene Diesellokomotive. Auch kann beim unmittelbaren Antrieb der Motor so bemessen werden, dafs das Reibungsgewicht der Lokomotive bis zum Radschleudern ausgenutzt wird. Wie aus der Abb. 2 hervorgeht, wird die Leistung einer Lokomotive durch die aus dem Reibungsgewicht der Lokomotive bestimmten Geraden L begrenzt, die für die Dampflokomotive und ähnlich für die mittelbar angetriebene Diesellokomotive bei etwa 30% der Höchstgeschwindigkeit nach der Wagrechten in die Linie annähernd konstanter Leistung abbiegt. Diese beiden Lokomotivtypen werden aber vorteilhaft durch die elektrische Lokomotive übertroffen, deren Leistung in der Regel nur durch die Erwärmung des Antriebs-

motors begrenzt wird und bis etwa 60 % der Höchstgeschwindigkeit steil ansteigt, also bei annähernd der doppelten Geschwindigkeit als bei der Dampflokomotive in die konstante übergeht, und sie werden ebenso durch die unmittelbar angetriebene Diesellokomotive übertroffen, die eine konstante und gröfste Zugkraft bis nahe zur Höchstgeschwindigkeit hat.

Nach den Bahndiagrammen, Organ 1927, Seite 43, Taf. 9, würde die mechanisch angetriebene Diesellokomotive auf der Strecke Stuttgart—Ulm 1260 bzw. 1740 PS entwickeln, das sind 38 bzw. 53 % ihrer Höchstleistung von 3280 PS mit zwei Motoren. Hingegen würde die auf dieser Strecke mehr ausgelastete Diesel-elektrische Lokomotive 1010 bzw. 1230 PS entwickeln und ihre Höchstleistung von 1550 PS mit 65 bzw. 79 % ausnützen. Folglich steht hier der unmittelbare Antrieb mit rund $^1/_2$ ausgenützter Motorleistung dem mittelbaren Antrieb mit rund $^3/_4$ ausgenützter Motorleistung bei zweimaliger Übertragung, also mit $3 \times {^3/_4}$ Leistungsausnützung gegenüber. Das Verhältnis der Leistungsausnützung $^1/_2 : {^3/_4}$, bezogen auf die Leistung am Radumfang, erfordert folglich, wenn die zu entwickelnden Leistungen gleich sein sollen und angenommen wird, dafs Generator und Triebmotor 10 % der Dieselmotorleistung aufzehren, für die unmittelbar angetriebene Diesellokomotive einen Motor von rund 30 % grösserer Höchstleistung.

Für die unmittelbar angetriebene Diesellokomotive trifft also, wie für die elektrische Lokomotive nur im erhöhten Mafse zu, dafs sie sich nach ihrer Leistungscharakteristik vorzugsweise für Hügellandstrecken eignet und sich besonders bei einem ihr ange-

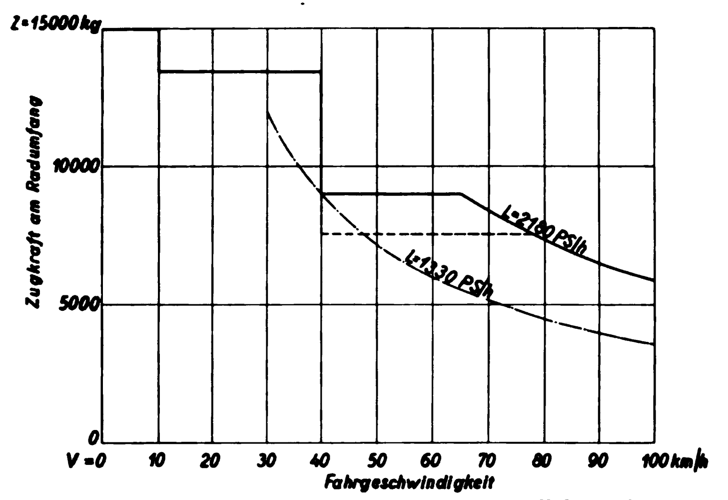


Abb. 1. Zugkraftdiagramm einer 2 C 2 Diesellokomotive.

messenen Fahrplan überlegen ausweist, indem die normale Geschwindigkeit im Personen- oder Güterzugdienst mehr der Höchstgeschwindigkeit nahekommt und nur durch Gleiskrümmungen oder Steilrampen beschränkt wird.

Eine Flachlandbahn, wie Berlin—Hannover, erfordert nur während des Anfahrens der Lokomotive eine grofse Zugkraft, die von der elektrischen Lokomotive durch die Überlastbarkeit des Motors und von der Diesellokomotive in gleichem Sinne mit Aufladung von Verbrennungsluft bei entsprechender Vorwärmung des Motors aufgebracht werden kann. Die erforderliche Leistungscharakteristik der Lokomotive entspricht dann mehr der einer mittelbar angetriebenen Diesellokomotive und würde beim unmittelbaren Antrieb zweckmäfsig mit nur einem Motor erzielt werden, der mit den Lokomotivrädern festgekuppelt ist. Das Anfahren der Lokomotive geschieht dann von einem Hilfsmotor aus. Damit wird das in Abb. 1 dargestellte Zugkraftdiagramm für eine der beschriebenen gleichschwere 2-C-2 Lokomotive erreicht, das bei den Fahrgeschwindigkeiten von 0 bis 10 km/h eine Zugkraft von 15 000 kg, bei 10 bis 40 kg/h 13 450 kg, bei 40 bis 78 km/h 7550 kg und bei 40 bis 65 km/h und 20 %iger Aufladung des Motors 9000 kg aufweist. Nach dem Diagramm nimmt mit steigender Fahrgeschwindigkeit über 65 bzw. 78 km/h die Zugkraft ab, entsprechend der vom Kühler begrenzten Dauerleistung des Motors von 2180 PS auf 1 Std.

Auch aus dem Zugkraftdiagramm geht hervor, dass die unmittelbar angetriebene Lokomotive besonders für die Bergfahrt grofse Vorteile bietet. Während eine annähernd gleichschwere mittelbar angetriebene Lokomotive von 1330 PS/h Höchstleistung einen Wagenzug von 500 t auf 10 ‰ Steigung mit nur 42 km/h Fahrgeschwindigkeit befördert, wobei eine Zugkraft nach den Strahlschen Widerstandsformeln von 8540 kg erforderlich ist, erreicht die unmittelbar angetriebene Diesellokomotive mit dem gleichen Zug auf der Steigung eine Fahrgeschwindigkeit von 57 km/h, wobei die Zugkraft 8960 kg beträgt, was einer Verkürzung der Fahrzeit um

$$\left(60' - \frac{60' \cdot 42}{57}\right) \cdot \frac{100}{60'} = 27\,\%$$

entspricht, oder da der Fahrplan nicht immer die äufserste Leistungsfähigkeit der Lokomotive zuläfst, und angenommen wird, die mittelbar angetriebene Lokomotive befördere den Zug auf einer anschliefsenden gleichlangen Wagrechten mit 90 km/h entsprechend einer Zugkraft von 3990 kg, so braucht die mittelbar angetriebene Diesellokomotive auf dieser Strecke nur 57 km/h bei einer Zugkraft von 2750 kg zu erreichen, um die Gesamtfahrzeit der mittelbar angetriebenen Lokomotive einzuhalten, wodurch an Leistung

$$\frac{(8540 + 3990 - (8960 + 2750)}{8540 + 3990} \cdot 100 = 6{,}6\,\%$$

erspart werden. Also nicht nur in der Krafterzeugung, sondern auch im Kraftverbrauch auf der Strecke ist die unmittelbar angetriebene Lokomotive im Vorteil.

Die Drehzahl des Motors ist beim unmittelbaren Antrieb durch die des Lokomotivrades bis zu etwa 400 in der Minute gegeben,

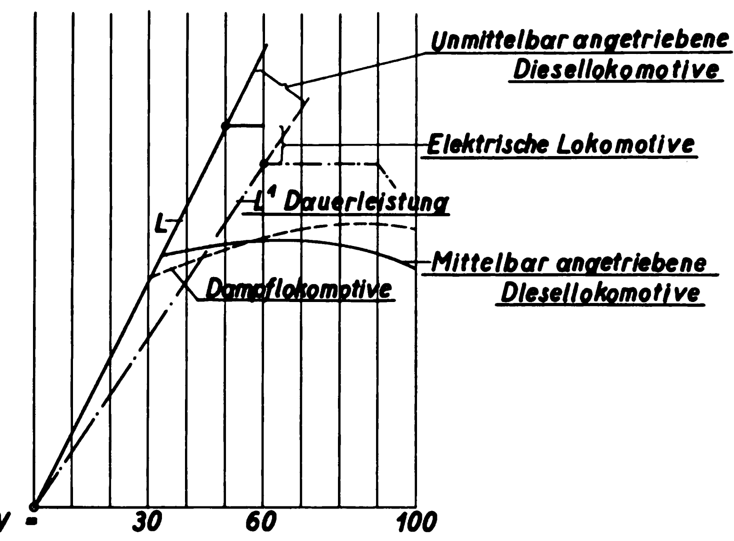


Abb. 2. Leistungsdiagramme.

dagegen beim mittelbaren Antrieb höher anzunehmen, um das Gewicht der Lokomotive mit dem dreimaligen Einbau der Leistung in wirtschaftlichen Grenzen zu halten.

Der Gesamtwärmewirkungsgrad der Diesel-elektrischen Lokomotive auf der Strecke Stuttgart—Ulm ist nach Organ 1927, Seite 42 und Taf. 7 im Durchschnitt zu 21,2 % für den 300 t und zu 20,5 % für den 600 t Wagenzug ermittelt worden. Dabei ist die Brenngeschwindigkeit des Motors grösstenteils 450 kg/h und der dazu gehörige Wirkungsgrad nach Taf. 7, Abb. 2 nur 21 bis 22 %. Der Verlustanteil der Dynamoerregung ist in den Abb. 1 bis 3, Taf. 7 gekennzeichnet durch den Abfall der Linien für Leistung, Wirkungsgrad und Brennstoff bei höheren Geschwindigkeiten und sein Einflufs auf den Wirkungsgrad unter Beachtung der Fahrgeschwindigkeiten in den Abb. 6 und 7, der Taf. 7 leicht zu erkennen. Der Wirkungsgrad könnte nur durch eine Vergröfserung des Dieselmotors wesentlich verbessert werden, doch würde dann die Lokomotive infolge ihres Gewichtes mit den anderen in Betracht gezogenen Lokomotiven nicht zu vergleichen sein und wirtschaftlich ungünstiger abschneiden.

Die unmittelbar angetriebene Diesellokomotive hat aber bei der gleichen Motorcharakteristik, Strecke und Belastung einen Wärmewirkungsgrad von 28,2 bzw. 28,5 %.

Somit bietet der unmittelbare Antrieb der Diesellokomotive grofse betriebstechnische und wirtschaftliche Vorteile. Sein praktischer Erfolg hängt lediglich vom Motor ab, der erst in neuerer Zeit die Vervollkommnung erfahren hat, die ihn für die Lokomotive geeignet machen.

Günther.

Berichte.

Lokomotiven und Wagen.

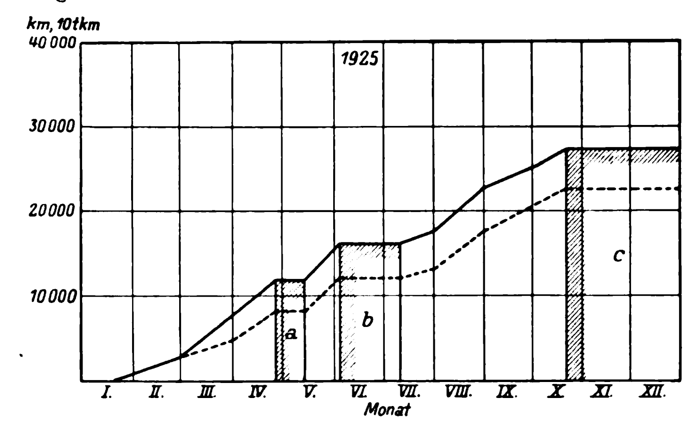
Die dieselelektrische Lokomotive auf den Bahnen der U. d. S. S. R.

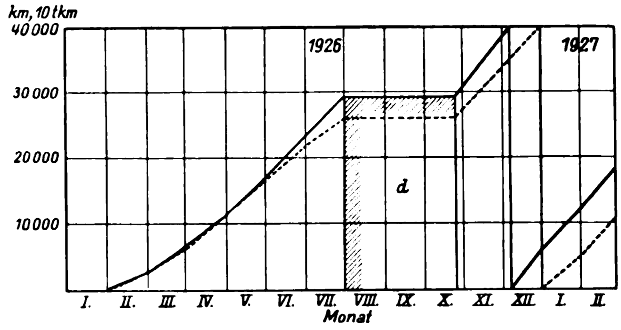
Die erste russische in Deutschland erbaute dieselelektrische Lokomotive langte am 25. Januar 1925 in Moskau an. Nach einigen kurzen Fahrten in der Nähe von Moskau wurden folgende Fahrten nach dem Kaukasus durchgeführt:

1. Von Moskau nach Petrowsk und zurück, 4495 km.
2. Von Moskau über Tiflis nach Eriwan und zurück, 7436 km.

Bei diesen Fahrten fand eine besonders sorgfältige Beobachtung der Lokomotive statt, so dafs diese Fahrten nicht als gewöhnliche Betriebsfahrten zu bewerten sind.

Im August 1925 wurde die Lokomotive dem Dienst übergeben, und zwar beim Depot Ljublino bei Moskau, wo eine besondere Abteilung für Diesellokomotiven eingerichtet wurde. Die Lokomotive sollte den gewöhnlichen Güterzugverkehr zwischen Moskau und Kursk durchführen. Das Profil dieser Strecke ist infolge vieler Steigungen und Gefälle recht ungünstig. Die Entfernung Moskau—Kursk beträgt 536 km. Die Lokomotive wurde stets von einem Wagen für das jeweilig freie Bedienungspersonal begleitet. Im ganzen waren drei Mannschaften vorgesehen, und es wurde ein dreifacher Schichtwechsel durchgeführt.





Bildliche Darstellung der Fahrtleistung und Beförderungsarbeit der dieselelektrischen Lokomotive.

Die Abbildung zeigt die Arbeit der Lokomotive anschaulich. Auf der Abszissenachse ist die Zeit, auf der Ordinatenachse die gesamte zurückgelegte Strecke in km (ausgezogene Linie) und die geleistete Arbeit in Tonnenkilometer brutto (gestrichelte Linie) aufgetragen.

Die aus den Linien ersichtlichen Unterbrechungen haben folgende Ursachen:

a) Beschädigung eines Elektromotors nach längerer starken Beanspruchung. Der Anker mit der beschädigten Isolierung und Wicklung wurde in den Tifliser Eisenbahnwerkstätten ausgebessert. Zugleich wurden die Radreifen abgedreht.

b) Beschädigung des in Tiflis ausgebesserten Ankers. Nochmalige Ausbesserung und Einbau des Ankers.

c) Aufstellung eines neuen Lamellenwasserkühlers an Stelle des Röhrenkühlers, mit dem die Lokomotive das Werk in Efslingen verliefs. Der Lamellenkühler ergab jedoch bei den ersten Versuchen eine derart schlechte Wirkung, dafs er sofort abgenommen und durch den alten Röhrenkühler ersetzt wurde.

d) Anheben der Lokomotive und Abdrehen der Radreifen, Untersuchung des Dieselmotors, der Dynamo und der Motore. Bei dieser sogenannten „Allgemeinen Ausbesserung“ entstand eine Verzögerung durch Aufstellung eines neuen Lamellenkühlers mit kreppartigen Zwischenlagen zwischen den Kühlerelementen. Aber auch dieser Kühler erwies sich als so unbefriedigend, dafs er sofort von der Lokomotive entfernt wurde.

Aufser diesen zufälligen Unterbrechungen (Motorausbesserung im Kaukasus) und den mifslungenen Versuchen mit anderen Kühlerformen arbeitete die Lokomotive im regelmäfsigen Dienstverkehr bis zur Allgemeinen Ausbesserung 13 Monate. Die gesamte in dieser Zeit zurückgelegte Strecke beträgt 56 000 km, die mittlere monatliche Strecke 4 300 km.

Die Arbeitsleistung bis 1. März 1927 beträgt 740 000 t/km bei einer Gesamtlaufstrecke von 86 000 km.

Diese Zahlen zeigen, dafs die Lokomotive trotz einer Reihe von wesentlichen Mängeln der Bauart, die hier nicht erwähnt zu werden brauchen, den regelmäfsigen Eisenbahndienst anstandslos erfüllt.

Dipl. Ing. N. Dobrowolski, Moskau.

Durch Lokomotivschäden verursachte Eisenbahnunfälle in Amerika von 1923 bis 1926.

Die Anzahl der Lokomotivschäden und der durch solche verursachten Eisenbahnunfälle ist in Amerika in den letzten Jahren wieder stark zurückgegangen, nachdem sie im Jahr 1923 ihren Höchstpunkt erreicht hatte*) Die amtliche Lokomotivüberwachungsstelle gibt jährliche Berichte darüber aus; das Berichtsjahr dauert je vom 1. Juli des Vorjahres bis zum 30. Juni des betreffenden Jahres. Für die Jahre 1923 bis 1926 sind die wichtigsten Angaben in nachstehender Zusammenstellung wiedergegeben:

	Berichtsjahr			
	1923	1924	1925	1926
Zahl der Unfälle allgemein infolge von Lokomotiv- und Tenderschäden	1348	1005	690	574
Zu- bzw. Abnahme gegenüber dem Vorjahr in %	+ 117	−25,5	−31,3	−16,8
Zahl der dabei getöteten Personen	72	66	20	22
Zu- bzw. Abnahme gegenüber dem Vorjahr in %	+ 118	−8,3	−69,7	+ 10
Zahl der dabei verletzten Personen	1560	1157	764	660
Zu- bzw. Abnahme gegenüber dem Vorjahr in %	+ 120	− 25	−33,9	−13,6
Zahl der Entgleisungen	38	30	22	23
Zahl der dabei getöteten Personen	4	3	—	2
Zahl der dabei verletzten Personen	157	112	52	49
Zahl der schadhaft befundenen Lokomotiven in % der Gesamtzahl der überwachten Lokomotiven	65	53	46	40

(Railw. Age 1926, 2. Halbj., Nr. 25.) R. D.

*) Organ 1924, S. 44.

Viertakt-Dieselmotoren mit Aufladung durch Auspuffturbinen.

Die Schweizerische Lokomotiv- und Maschinenfabrik in Winterthur hat in letzter Zeit gemeinsam mit der A.-G. Brown, Boveri & Cie. in Baden umfangreiche Versuche durchgeführt über die Aufladung von Viertaktmaschinen mittels eines Turbogebläses, das durch die Auspuffgase betrieben wird. Diese Versuche, über die Ingenieur Alfred Büchi, Inhaber der bezüglichen Patente, in „Génie Civil“ vom 12. Februar 1927 berichtet, wurden an einem normalen vierzylindrigen Viertakt-Dieselmotor von 500 PS Effektivleistung vorgenommen, der für Aufladebetrieb und Ausstofsen unter Gegendruck in die Abgas-Turbine entsprechend abgeändert worden war.

Das Erproben der Maschine mit Aufladeluft, die nach Belieben gekühlt oder ungekühlt eingeführt werden konnte, erfolgte in der

Weise, dafs diejenige Last als Normallast bezeichnet wurde, die die gleichen Auspufftemperaturen, hinter den Auspuffventilen gemessen, ergab, wie eine ohne Aufladung arbeitende Dieselmaschine. Der Verdichtungsraum des Motors wurde so gewählt, dafs trotz der ungewöhnlich hohen Aufladespannung von rund 0,45 bis 0,5 at Überdruck, der maximale Druck in den Zylindern in den üblichen Grenzen blieb, um das Gestänge und die Kurbelwelle keinen gröfseren Biegungsbeanspruchungen auszusetzen. Die Steigerung der Torsions-Spannung der Kurbelwelle wurde als unbedenklich angesehen, da sie lange nicht so grofs ist, wie die bei den Zweitakt- und den doppelwirkenden Viertakt-Maschinen zugelassene.

Wenn man die aus den Versuchen hervorgegangenen Hauptergebnisse zusammenfafst, so zeigt sich folgendes: Durch das angewandte Aufladeverfahren kann bei 0,5 atü Aufladespannung die Leistung um 50% gesteigert werden, ohne dafs die bei gewöhnlichen Viertakt-Dieselmaschinen üblichen Auspufftemperaturen überschritten werden. Dabei bleibt auch die Wärmeabfuhr durch das Kühlwasser gleich, d. h. sie ist pro Leistungseinheit um 30% geringer, was einen entsprechend kleineren spezifischen Kühlwasserverbrauch bedingt. Der Brennstoffverbrauch betrug bei der Versuchsanlage 185 g/PS_eh. Für die Steigerung der Leistung über diese Normalleistung hinaus, bedeutet der Antrieb des Gebläses durch eine Abgasturbine insofern einen grofsen Vorteil, als bei gesteigerter Leistung auch die Drehzahl der Abgasturbine und somit die aufgeladene Luftmenge zunimmt. Die Maschine kann deshalb eine viel gröfsere Überlast bei vollkommener Verbrennung aufnehmen, als eine gewöhnliche Dieselmaschine. So wurde sie vielfach bis auf 1060 PS_e bei noch ganz gutem Auspuff belastet, d. h. also noch um 40% über die Leistung von 750 PS, die bereits 50% über der Normallast einer Dieselmaschine gleicher Zylinderabmessungen liegt. Diese bei den bisherigen Dieselmaschinen oft vermifste Elastizität stempelt die neue Maschinenart zum gegebenen Antriebmotor für Spitzen- und Reserve-Kraftanlagen, für Verbrennungsmotor-Lokomotiven und für Schiffs-, ganz besonders Kriegsschiffs-Maschinen.

Wichtig ist, dafs das beschriebene Aufladeverfahren nicht nur bei neuen Maschinenanlagen, sondern auch ohne weiteres bei vorhandenen Motorenaggregaten durch Anbau einer Abgasturbine und eines Aufladegebläses, sowie durch einige ganz unbedeutende Änderungen an den Motoren zur Anwendung gelangen kann. Damit läfst sich unter Beibehaltung der gleichen Maschinendrehzahlen eine Leistungssteigerung von rund 50% ermöglichen.

(Schweizerische Bauzeitung vom 11. Juni 1927.)

Neuartiges Treibachslager in Amerika.

Die amerikanischen Treibachslager haben in der Regel gegen die Radnabe zu eine kreisförmige Anlagefläche, die den seitlichen Druck aufnimmt. Früher war diese Fläche meist an das Achslagergehäuse angegossen; neuerdings wird sie vielfach mit der Lagerschale zusammen aus Rotgufs hergestellt. Diese Herstellungsart ist indessen wegen der verhältnismäfsig grofsen Bearbeitungszeit und Verspanung recht teuer; auch mufs bei dem naturgemäfs ziemlich hohen Verschleifs der seitlichen Fläche jedesmal die ganze Lagerschale erneuert werden. Man ist daher jetzt dazu übergegangen, die Seitenfläche als besonderes Stück herzustellen und aufzuschweifsen. Der Ersatz wird damit äufserst einfach. Zur Schmierung dieser seitlichen Anlageflächen wird Öl oder Fett durch einen Kanal aus dem Behälter des Achslagers selbsttätig zugeführt.

(Railw. Age 1926, 2. Halbj. Nr. 26.) R. D.

Elektrische Bahnen; besondere Eisenbahnarten.

Bau von elektrischen Lokomotiven in Japan.

Die Elektrifizierung der japanischen Staatsbahnen macht weiter Fortschritte. Nach einer langen Zeit, in der man nur Versuchszüge sah, werden jetzt seit mehreren Monaten alle Personenzüge vom Kriegshafen Yokosuka nach Tokio (täglich in jeder Richtung sieben) von elektrischen Lokomotiven befördert. Die elektrischen Züge verkehren mit der Pünktlichkeit die man auf allen japanischen Eisenbahnstrecken gewohnt ist. In Japan kommen Zugverspätungen so gut wie niemals vor. Allerdings wurden in den letzten Monaten die elektrischen Züge noch stets mit zwei Lokomotiven befördert, um im Falle von Störungen eine Reserve zu haben. Nunmehr werden die Züge nur noch von einer Lokomotive befördert. Die dadurch freiwerdenden sieben Lokomotiven sollen auf der Strecke zwischen dem Seebadeort Atami und Tokio verwandt werden. Elf elektrische Güterzuglokomotiven, die augenblicklich noch im Lokomotivschuppen in Kamata unbenutzt stehen, sollen ebenfalls auf der Yokosuka-Linie verwandt werden, so dafs dort bald auch die Güterzüge elektrisch gefahren werden.

Die Mehrzahl der elektrischen Lokomotiven, die bisher auf den obengenannten Strecken verkehrten, sind von der English Electric Co. geliefert. Auch von Westinghouse, der General Electric Co., Brown Boveri und der japanischen Fabrik Hidachi hat das japanische Ministerium Lokomotiven gekauft, die aber noch nicht in den Verkehr eingestellt sind. Die Lokomotive von Hidachi soll sehr gut befriedigen. Auch die Südmandschurische Bahngesellschaft hat eine japanische Lokomotive von der Kawasaki-Werft in Betrieb und ist sehr zufrieden.

Neuerdings will die Eisenbahnverwaltung für die Strecke Tokio—Kodzu für Personenzüge und für Güterzüge zehn elektrische Lokomotiven in Japan bauen lassen. Auch alle Einzelteile und alles Zubehör soll restlos in Japan hergestellt werden. Es handelt sich dabei um Lokomotiven mit einem Dienstgewicht von 95 t, 1000 t Zugkraft für Züge von 60 Wagen. Ausländische elektrische Lokomotiven kosten nach Angabe des Eisenbahnamtes 230000 Yen (frei Japan), während man in Japan für 200000 Yen gleich gute Lokomotiven bauen könne. Die Konstruktionsabteilung und die elektrische Abteilung des Ministeriums arbeiten augenblicklich zusammen mit einer Anzahl einheimischer Werke die allgemeinen Entwürfe und die Ausführung der Einzelteile aus. Jedes Werk soll die Teile machen, für die es am besten eingerichtet ist, und dann sollen die Teile in einem der Werke oder in einem der grofsen Eisenbahnwerke zusammengesetzt werden. — Schutz der Heimindustrie ist jetzt das Schlagwort in Japan, und nach Ansicht der japanischen Regierung ist es nur ein Vorurteil des Volkes, dafs ausländische Erzeugnisse besser seien als die einheimischen. Dieses Vorurteil auszurotten ist das Ziel einer eifrig geförderten Propaganda.

Wie man aus der Preismitteilung, die vom japanischen Eisenbahnamt an die japanische Presse gegeben wurde, sieht, beträgt der Preisunterschied zwischen den eingeführten und den in Japan hergestellten Lokomotiven nur 15%, also viel weniger als Verpackung, Land- und Seefracht, Versicherung und Einfuhrzoll (letzterer 26,50 Yen für 100 kg), die in den Preis der eingeführten Lokomotiven eingeschlossen sind, ausmachen. Das japanische Eisenbahnministerium berücksichtigt dabei allerdings nicht, dafs der Einfuhrzoll doch der japanischen Regierung zufällt, also bei einem Preisvergleich von dem Preise der eingeführten Lokomotiven abgezogen werden müfste.

Versuchsfahrten einer neuen elektrischen Lokomotive.

Vor einiger Zeit fand von Leipzig aus die erste Versuchsfahrt einer neuen, von der A. E. G., Berlin, gebauten, elektrischen Schnellzuglokomotive statt. Diese besitzt eine ungewöhnlich hohe Leistungsfähigkeit und kann bei einer Stundengeschwindigkeit von 110 km Schnellzüge mit 17 D-Zugwagen oder 68 Achsen anstandslos befördern. Diese Last entspricht bei einem mittleren Wagengewicht von 51,6 t einem Zuggewicht von etwa 900 t. Die Lokomotive entwickelt dauernd etwa 2400 PS und vorübergehend bis 4000 PS. Die Probefahrten, welche auf der Strecke Halle—Leipzig unter Anwesenheit von Vertretern der Hauptverwaltung der Deutschen Reichsbahn-Gesellschaft, sowie der Reichsbahndirektionen Halle und München stattfanden, sind zu gröfster Zufriedenheit ausgefallen.

In allernächster Zeit werden zwei weitere, besonders leistungsfähige elektrische Lokomotiven durch die Siemens-Schuckertwerke und durch die Bergmann-Elektrizitätswerke geliefert.

Aufser diesen Schnellzuglokomotiven hat die Deutsche Reichsbahn auch noch sechs leistungsfähige Güterzuglokomotiven in Auftrag gegeben, welche bis 2100 t Wagengewicht oder etwa 60 bis 70 beladene Güterwagen befördern. Für diesen Güterzugbetrieb sind die Grofsraumgüterwagen von je 50 t Ladegewicht vorgesehen. E. H.

Elektrische Verschiebelokomotiven der Schweizerischen und Österreichischen Bundesbahnen *).

Diese sonst seltene Verwendungsart der elektrischen Zugförderung wurde in beiden genannten Ländern mit einigen Versuchslokomotiven bei gutem Erfolg eingeführt.

Die Schweizerischen Ausführungen, die im Jahre 1923 von der A.-G. Brown, Boveri & Cie. in Verbindung mit der Lokomotiv- und Maschinenfabrik Winterthur geliefert wurden, sind 3/4 gekuppelt und mit einem einzigen, über ein doppelseitiges Vorgelege mit federnden Ritzeln sowie Blindwelle und Schrägstangen arbeitenden Motor versehen. Die Dauer- bzw. Stundenleistung des Motors beträgt 575/690 PS (bei 29 km/h), seine für 15 Min. zulässige Spitzenleistung wird mit 875 PS angegeben. Mit Rücksicht auf den rauhen Betrieb wurden Rutschkupplungen eingebaut. Der in der Mitte angeordnete Führerstand gestattet ungehinderten Ausblick nach beiden Seiten und trägt die beiderseits angeordneten, beliebig wechselweise bedienbaren Steuerorgane. In den Vorbauten sind einerseits der hochgelagerte Motor, andererseits der besonders niedrig gehaltene Transformator, der auch 200 kW Heizstrom abgeben kann, untergebracht. Wegen seiner geringen Ausmafse trägt der Führerstand nur einen Stromabnehmer, der dafür mit zwei Wippen ausgerüstet ist. Die gröfste Anhängelast beträgt 630 t, das Eigengewicht wird mit 49 t angegeben und als verhältnismäfsig niedrig bezeichnet.

Die Österreichische Bauart scheint nach dem Vorbild der Schweizerischen Lokomotive entstanden zu sein und ähnelt dieser in allen wesentlichen Stücken; lediglich wurde bei nahezu gleicher Leistung und etwas gröfserem Eigengewicht statt der Laufachse eine vierte Kuppelachse vorgesehen. Die gröfste Anhängelast wird mit 600 t angegeben und kann auf einer Steigung von 7‰ mit 27 km/h befördert werden; die Höchstgeschwindigkeit beträgt 40 km/h, ein Wert, der übrigens auch von dem schweizerischen Vorbild mit 150 t Anhängelast erreicht wurde.

Da für beide genannten Maschinenarten Nachbestellungen gemacht wurden, so kann man annehmen, dafs sie sich im Betrieb bewährt haben. Leider fehlen jedoch in den angeführten Berichten nähere Angaben hierüber sowie über den Einflufs der stofsweisen Belastung auf die Bahnstromnetze, die zweifellos als Nachteil des elektrischen Verschiebebetriebes gebucht werden mufs. v. G.

*) Vergl. die Schweizerische Bauzeitung 1927 Nr. 1, sowie 1925 Nr. 6.

Die neuen Lötschberg-Lokomotiven Type 1 AAA-AAA 1.

Diese Maschinen, deren erste im Juni 1926 von der S.A. des Ateliers de Sécheron an die S. B. B. zur Ablieferung kam, sind ausgesprochene Gebirgslokomotiven mit 50 km/h mittlerer und 75 km/h höchster Geschwindigkeit. Durch je drei Triebachsen in Verbindung mit einer (Bissel-) Laufachse werden zwei kurzgekuppelte Drehgestelle gebildet, die über Zapfen (davon einer längsverschiebbar) und je eine Tragrolle den Oberkasten tragen. Der Einzelachsantrieb wird durch Zwillingsmotore gebildet, deren Ritzel das Zahnrad einer Hohlwelle treiben und über diese ihre Kraft auf die Triebräder übertragen; der verhältnismäfsig sehr kleine Durchmesser der letzteren (1350 mm) bedingte eine Sonderkonstruktion der beiderseits angeordneten Kraftübertragungsfedern (drei Federpaare mit drei Stützpunkten). Motore und Transformator sind fremdbelüftet, wofür im Transformatorkasten besondere Kühlrohre vorgesehen sind (System Sécheron). Die Stundenleistung der Motore beträgt 4700 PS, wobei diese 24 300 kg und während der Anfahrt sogar 34 000 kg Zugkraft entwickeln können, auf den Triebradumfang bezogen. Die Steuerung wird durch prefsluftbetätigte Schütze mit einer handbedienten Auslöse-Nockenwelle, die eine einfache Sperrung feindlicher Verbindungen gestattet, gebildet und umfafst 24 Fahr- sowie 13 (Widerstands-)Bremsstufen. Bemerkenswert ist das aufserordentlich geringe Gewicht von 31,4 kg/PS Stundenleistung. Die Maschine, die in dem aufgeführten Bericht als die leistungsfähigste und zugleich die leichteste der Welt bezeichnet wird, soll sich im Betrieb auf der bis 27‰ ansteigenden Strecke bestens bewährt haben. v. G.

*) Vergl.: „Elektrische Bahnen 1927, Heft 2, S. 53 u. f. und Schweizer Bauzeitung 1927, April.

Verschiedenes.

Die neuen elektrischen Lokomotiven der Deutschen Reichsbahn.

Die Deutsche Reichsbahn-Gesellschaft bestellte im Juni d. J. 88 elektrische Lokomotiven und 15 Triebwagen für ihre elektrisch betriebenen Strecken in Bayern, Mitteldeutschland und Schlesien. Damit für den Bau dieser Lokomotiven alle im elektrischen Zugbetrieb gesammelten Erfahrungen verwertet werden können, berief die Hauptverwaltung der Deutschen Reichsbahn-Gesellschaft in der vergangenen Woche die mit der Konstruktion betrauten Herren der Gruppenverwaltung Bayern und des Reichsbahn-Zentralamts, sowie aus allen Bezirken, die elektrischen Zugbetrieb aufweisen, die mit der Leitung des Lokomotivbetriebes und der Lokomotivausbesserung betrauten Sachbearbeiter zu einer Tagung zusammen. Diese fand Anfang Juli unter der Leitung des Sachreferenten für elektrische Zugförderung, Reichsbahndirektor Wechmann, statt. Auch waren diejenigen ausländischen Bahnverwaltungen, die wie die Deutsche Reichsbahn-Gesellschaft das Wechselstromsystem eingeführt haben, nämlich die Österreichischen Bundesbahnen, die Schweizerischen Bundesbahnen, die Schwedischen und Norwegischen Staatseisenbahnen sowie die schwedische Nordmark Klarälvens-Bahn gebeten, Vertreter zu entsenden, damit auch die Erfahrungen über den elektrischen Zugbetrieb auf mündlichem Wege zwischen den einzelnen Verwaltungen ausgetauscht werden konnten. Aus Schweden und Norwegen waren die Leiter der dortigen Bahnelektrisierung, Direktor Öfverholm, Stockholm und Direktor Schreiner, Oslo, erschienen. Die Schweizerischen Bundesbahnen hatten ihren Obermaschineningenieur Weiss und den Sektionschef Steiner entsandt. Als Vertreter der Österreichischen Bundesbahnen waren Ministerialrat Lorenz und mehrere andere Herren anwesend. In der verhältnismäfsig kurzen Zeit wurde in im ganzen 68 Referaten, an die sich lebhafte Debatten anschlossen, ein sehr wertvolles Material zusammengetragen; unter anderm wurden wichtige Beshlüsse bezüglich der Vereinheitlichung der elektrischen Lokomotiven und ihrer Ausrüstungsteile gefafst.

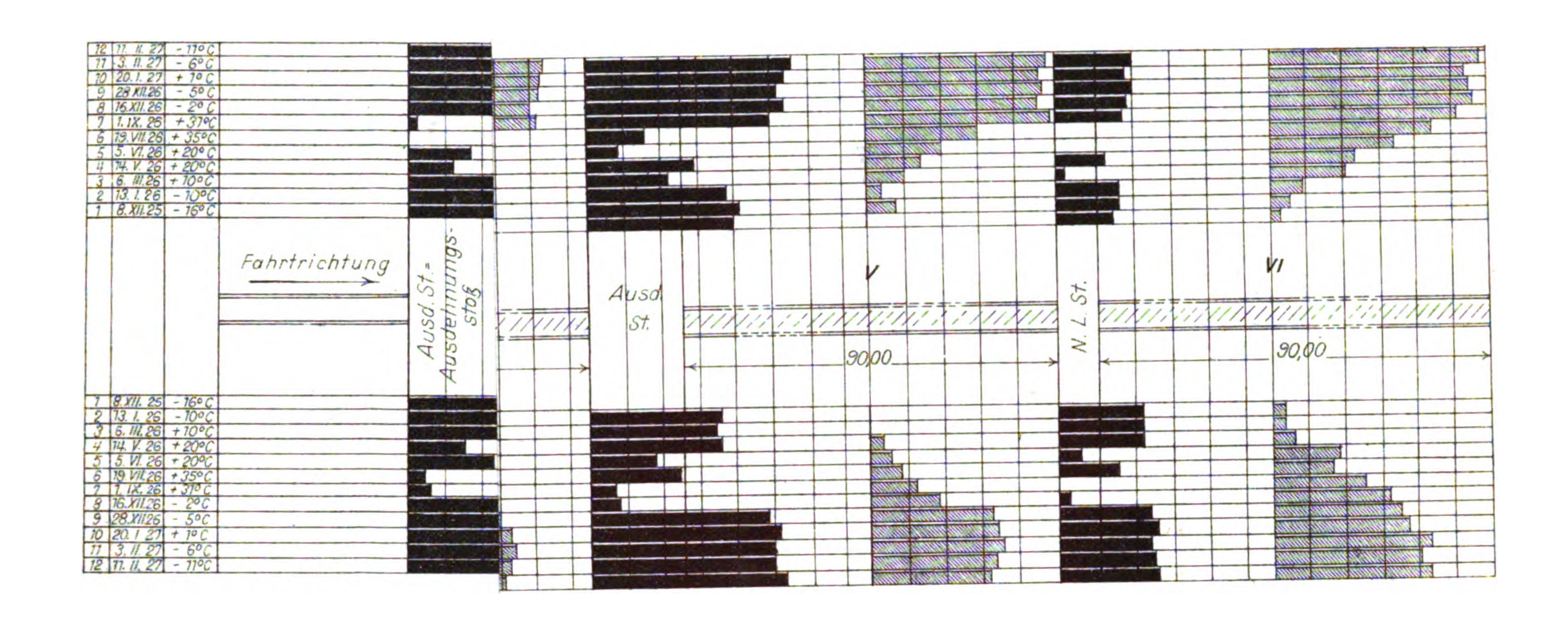
Neue Reichsbahnbestellungen.

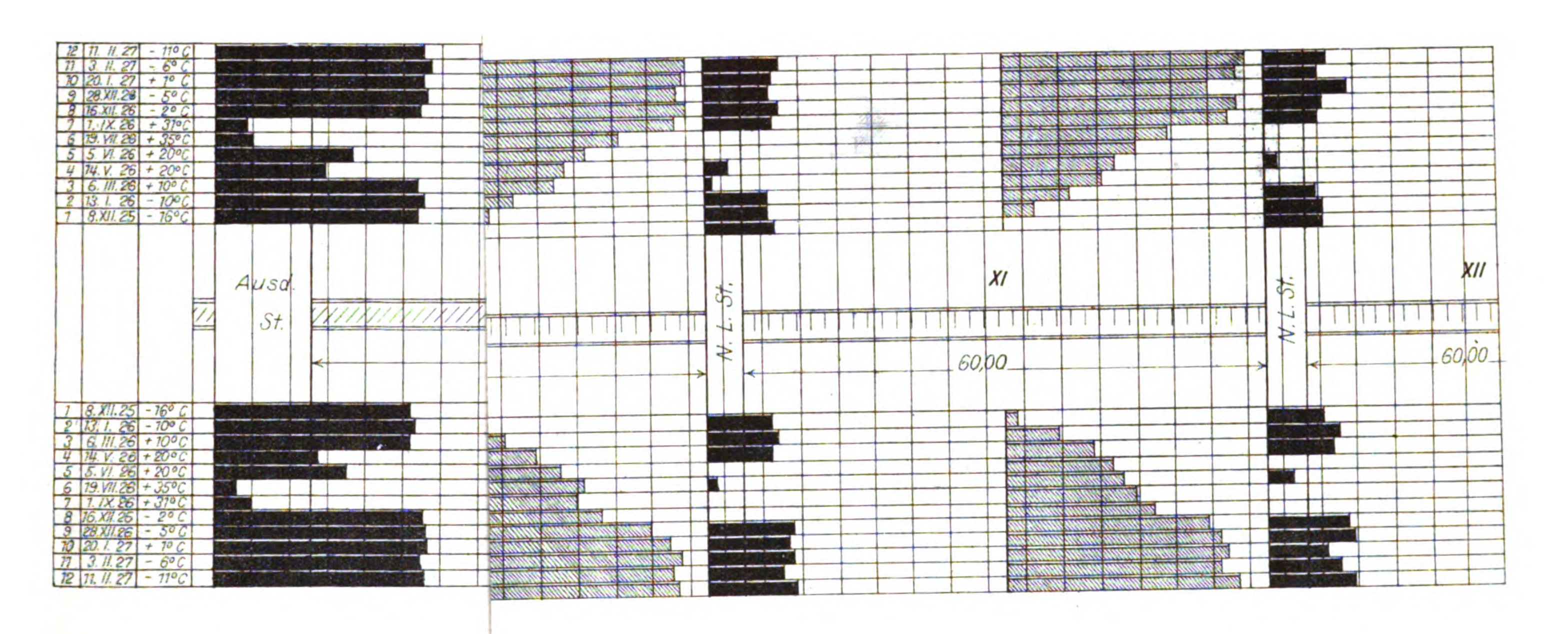
Nach dem zwischen der Reichsbahn und der neuen Wagenbauvereinigung abgeschlossenen Vertrag hatten die 30 vereinigten Wagenbauanstalten bis zum 30. Juni 1927 insgesamt 716 Personen- und Triebwagen, 30 Gepäckwagen und 2141 Güterwagen für den Gesamtpreis von 32 Millionen Mark an die Reichsbahn zu liefern. Diese Auftragserteilung bleibt jedoch hinter der Vorkriegszeit noch sehr weit zurück, denn die preufsische Staatsbahn allein hatte für das Sommerhalbjahr 1914 insgesamt 1300 Personen-, 450 Gepäck- und 15000 Güterwagen bestellt. Die jetzt bestellten Personenwagen entfallen zum gröfsten Teil auf Vierterklassewagen, eine Folge der Abwanderung des Publikums aus den höheren Wagenklassen. Den vertragsschliefsenden Firmen sind 90% aller Reichsbahnaufträge in den nächsten fünf Jahren zugesagt worden. Jedoch behält sich die Reichsbahn vor, schon nach zwei Jahren von dem Vertrage zurückzutreten, wenn nicht bis dahin eine deutliche Senkung der Preise erzielt ist. Die Senkung der Herstellungskosten darf aber nicht durch Verringerung der Lohnsätze, sondern durch Verringerung des Lohnstundenanteils herbeigeführt werden. Wenngleich diese Bestellung auch für die Waggonindustrie und ihre Lieferanten ein erfreulicher Zuwachs an Beschäftigung ist, so zeigt doch ein Vergleich mit den letzten Bestellungen vor dem Kriege, dafs der Bedarf der Reichsbahn bedeutend zurückgegangen ist. Die Reichsbahn hofft, dafs die Waggonindustrie durch Rationalisierung ihre Wettbewerbsfähigkeit im freien Inlandsgeschäft und auf dem Weltmarkt so stärken wird, dafs sie dort den Absatzmarkt findet, welchen die Reichsbahn z. Zt. noch nicht zu bieten vermag. E. H.

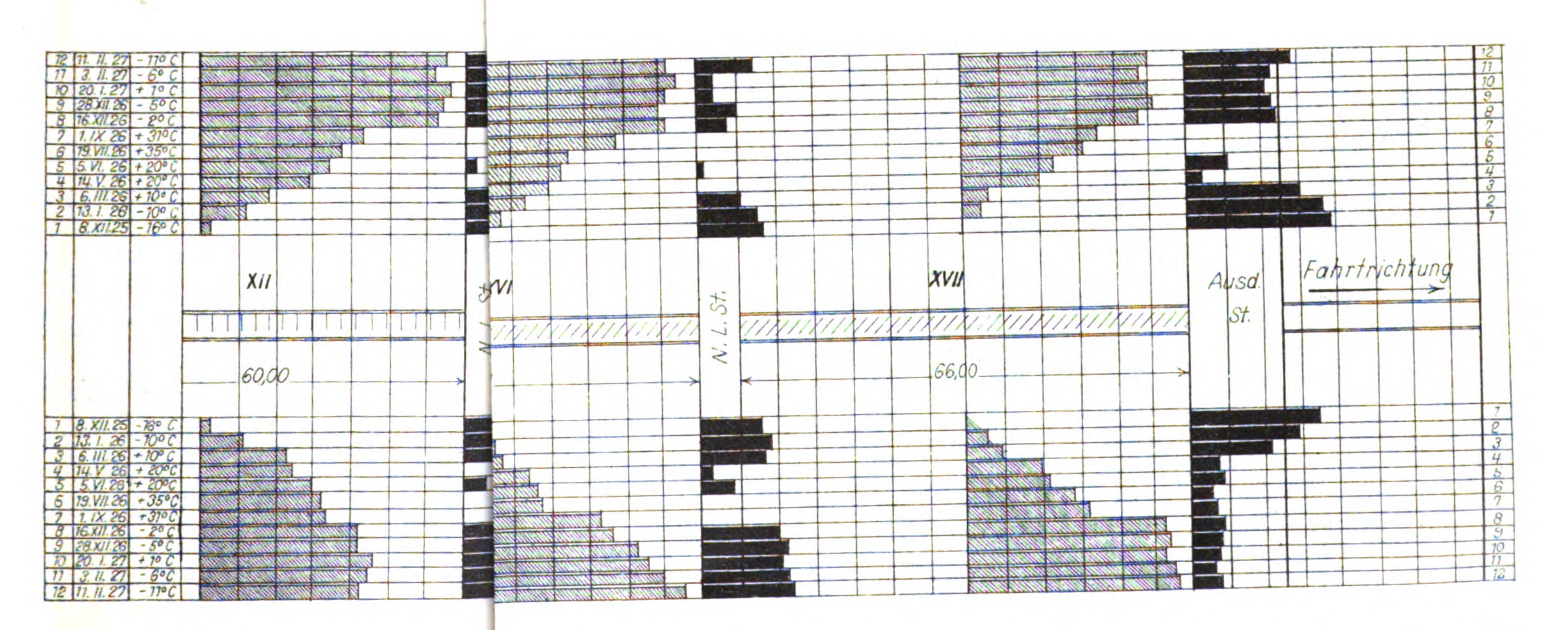
Für die Schriftleitung verantwortlich: Reichsbahnoberrat Dr. Ing. H. Uebelacker in Nürnberg. — C. W. Kreidel's Verlag in München.
Druck von Carl Ritter, G. m. b. H. in Wiesbaden.



direktion Nürnberg.

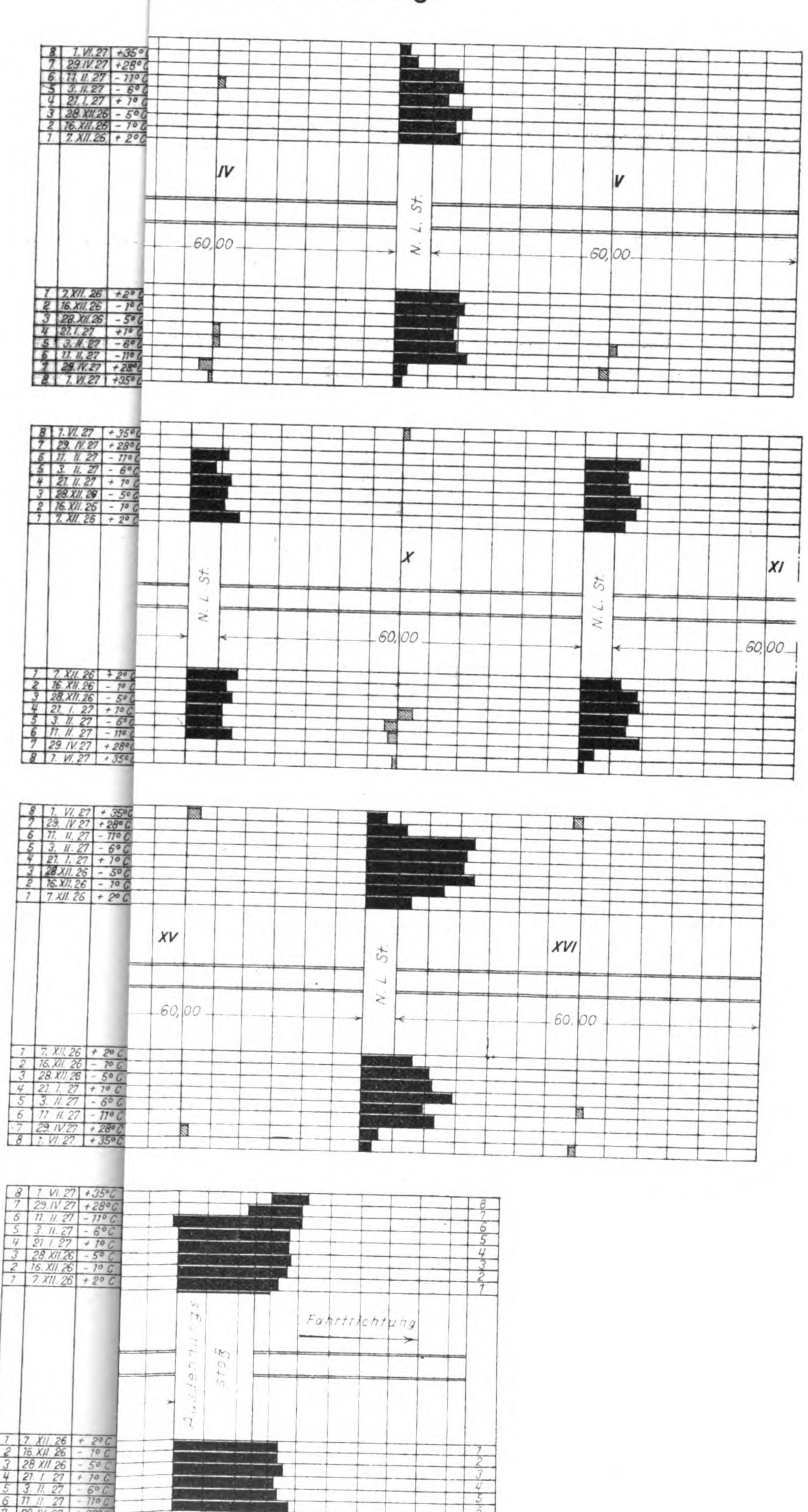






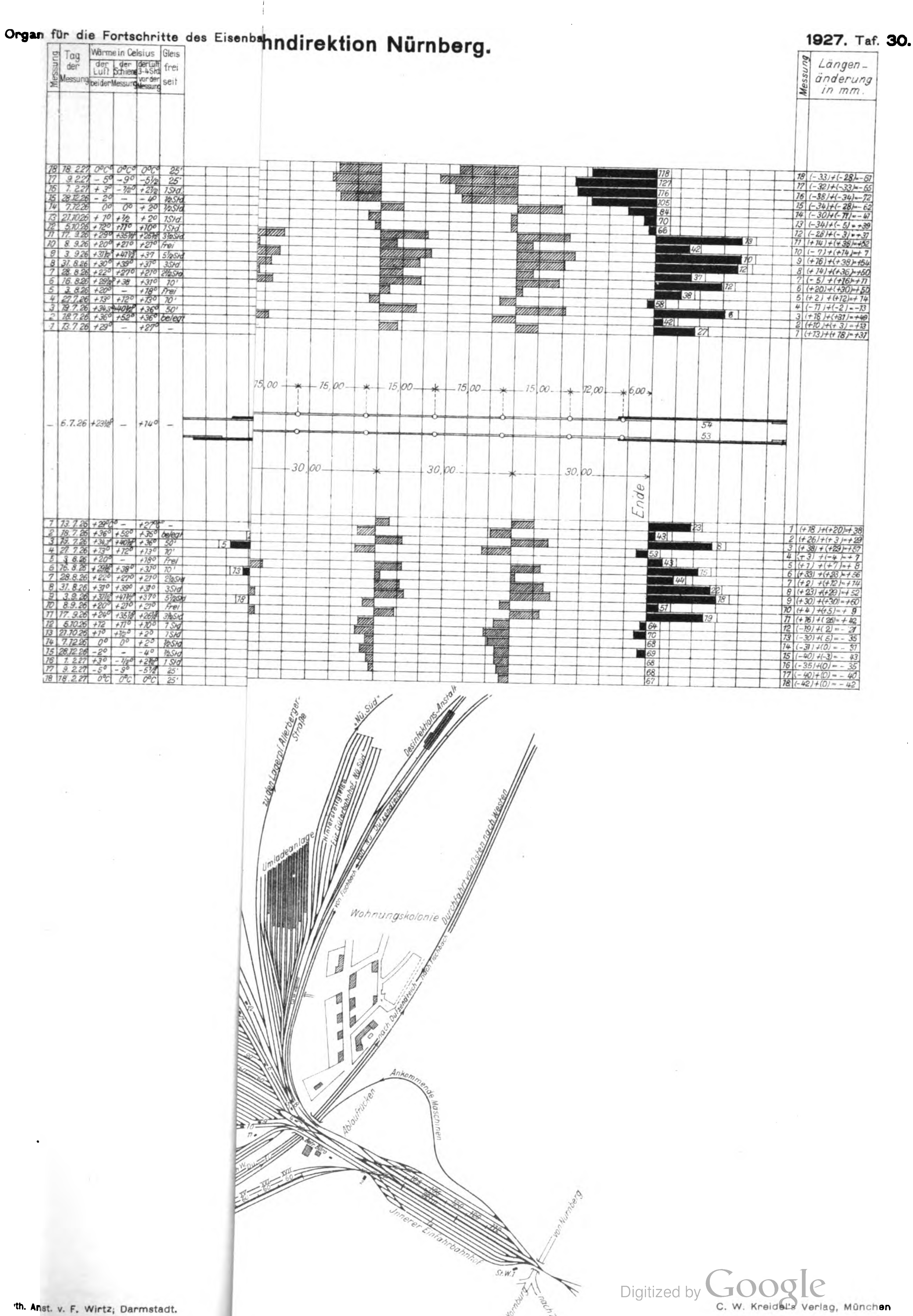
Lith. Anst. v. F. Wirtz, Darmstadt.
C. W. Kreidel's Verlag, München

ndirektion Nürnberg.



Lith. Anst. v. F. Wirtz, Darmstadt.

C. W. Kreidel's Verlag, München



Messung	Tag der Messung	Wärme in Celsius: der Luft beider Messung	der Schiene	der Luft 3-4 Std. vor der Messung	Gleis frei seit
18	18. 2.27	0°C	0°C	0°C	25'
17	9. 2.27	– 5°	– 9°	–5½	25'
16	7. 2.27	+ 3°	– ½°	+2½	1 Std.
15	28.12.26	– 2°	–	– 4°	½ Std.
14	7.12.26	0°	0°	+ 2°	½ Std.
13	21.10.26	+ 1°	+½	+ 2°	1 Std.
12	5.10.26	+12°	+11°	+10°	1 Std.
11	17. 9.26	+29°	+35½°	+26½°	3½ Std.
10	8. 9.26	+20°	+27°	+27°	frei
9	3. 9.26	+31½°	+47½°	+37	5½ Std.
8	31. 8.26	+30°	+39°	+37°	3 Std.
7	28. 8.26	+22°	+27°	+21°	2½ Std.
6	16. 8.26	+29½°	+38	+31°	10'
5	3. 8.26	+20°	–	+18°	frei
4	27. 7.26	+13°	+12°	+13°	10'
3	19. 7.26	+34,3°	+40½°	+36°	50'
2	18. 7.26	+36°	+52°	+36°	belegt
1	13. 7.26	+29°	–	+27°	–

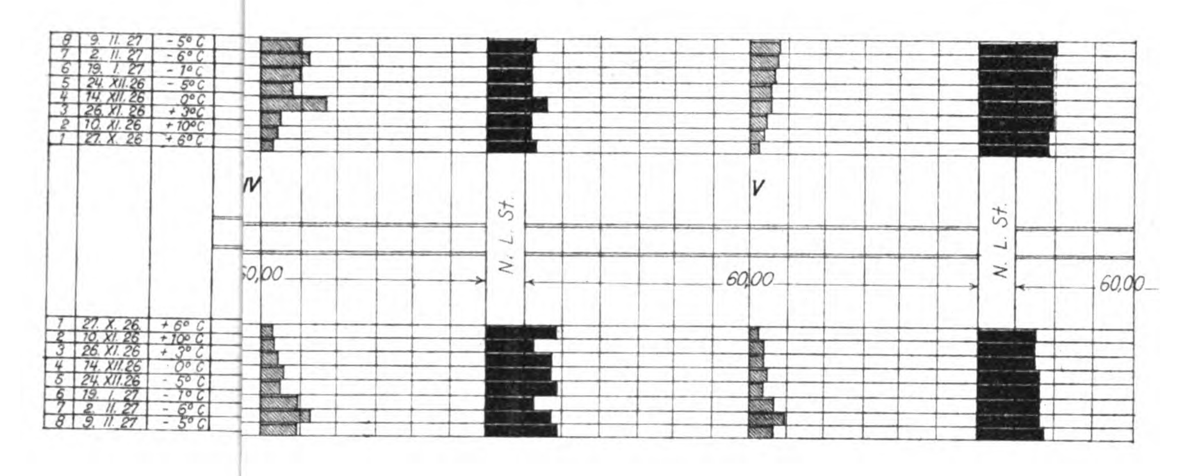
Messung	Längenänderung in mm.
18	(–33)+(–28)=–61
17	(–32)+(–33)=–65
16	(–38)+(–34)=–72
15	(–34)+(–28)=–62
14	(–30)+(–11)=–41
13	(–34)+(–5)=+39
12	(–28)+(–3)=+31
11	(+14)+(+38)=+52
10	(–7)+(+14)=+7
9	(+16)+(+38)=+54
8	(+14)+(+36)=+50
7	(–5)+(+16)=+11
6	(+20)+(+30)=+50
5	(+2)+(+12)=+14
4	(–11)+(–2)=–13
3	(+18)+(+31)=+49
2	(+10)+(+3)=+13
1	(+13)+(+18)=+31

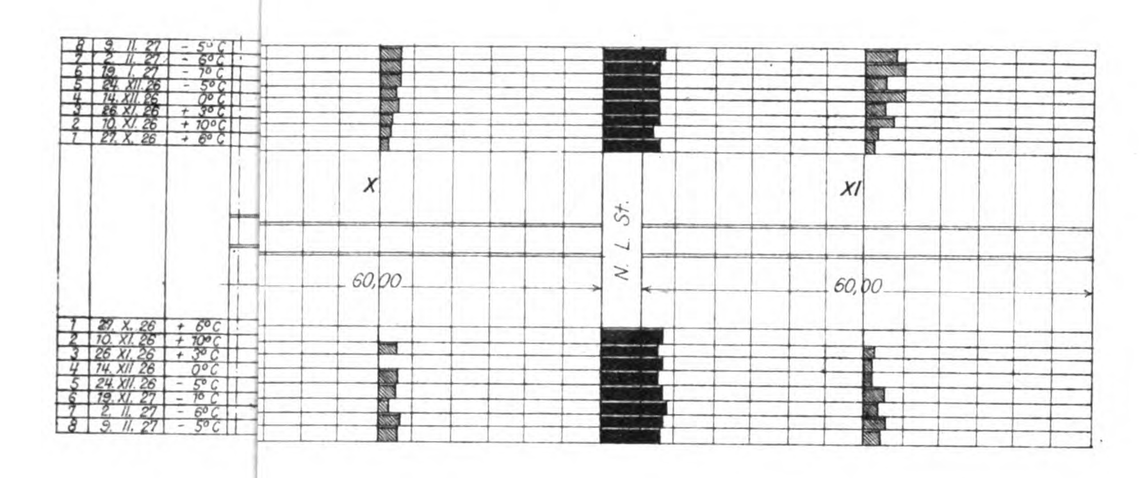
Messung	Tag der Messung	Luft	Schiene	Luft 3-4 Std. vor der Messung	Gleis frei seit
–	6.7.26	+23½°	–	+14°	–

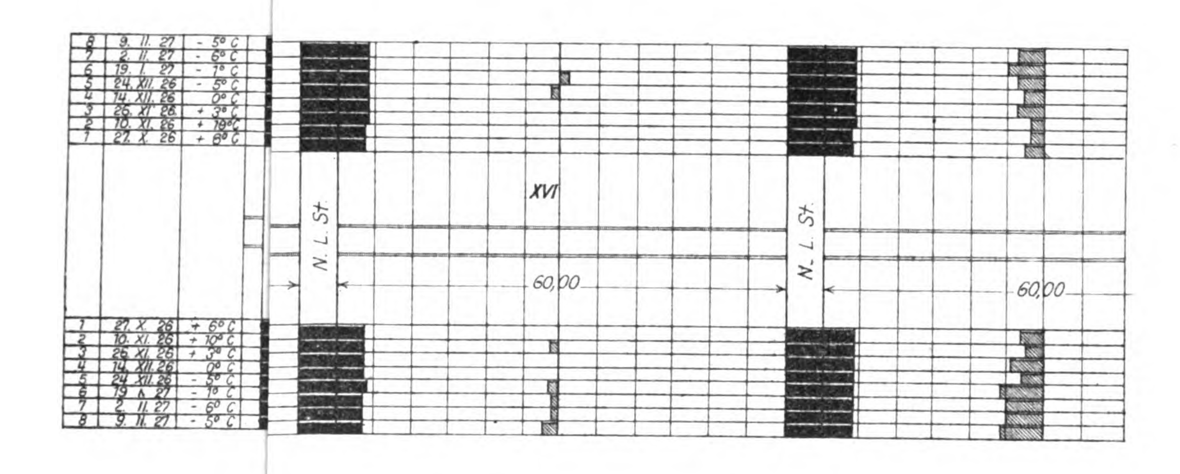
Messung	Tag der Messung	Wärme in Celsius: der Luft beider Messung	der Schiene	der Luft 3-4 Std. vor der Messung	Gleis frei seit
1	13. 7.26	+29°C	–	+27°C	–
2	18. 7.26	+36°	+52°	+35°	belegt
3	19. 7.26	+34,3°	+40½°	+36°	50'
4	27. 7.26	+13°	+12°	+13°	10'
5	3. 8.26	+20°	–	+18°	frei
6	16. 8.26	+29½°	+38°	+31°	10'
7	28. 8.26	+22°	+27°	+21°	2½ Std.
8	31. 8.26	+31°	+39°	+37°	3 Std.
9	3. 9.26	+37½°	+47½°	+37°	5½ Std.
10	8. 9.26	+20°	+27°	+27°	frei
11	17. 9.26	+24°	+35½°	+26½°	3½ Std.
12	5.10.26	+12	+11°	+10°	1 Std.
13	21.10.26	+1°	+½°	+2°	1 Std.
14	7.12.26	0°	0°	+2°	½ Std.
15	28.12.26	–2°	–	–4°	½ Std.
16	1. 2.27	+3°	–½°	+2½°	1 Std.
17	9. 2.27	–5°	–9°	–5½	25'
18	18. 2.27	0°C	0°C	0°C	25'

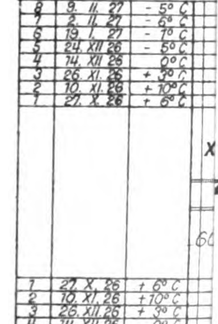
Messung	Längenänderung in mm.
1	(+18)+(+20)=+38
2	(+26)+(+3)=+29
3	(+38)+(+29)=+57
4	(+3)+(–4)=+7
5	(+1)+(+7)=+8
6	(+33)+(+23)=+56
7	(+2)+(+12)=+14
8	(+23)+(+29)=+52
9	(+30)+(+30)=+60
10	(+4)+(+5)=+9
11	(+16)+(26)=+42
12	(–19)+(2)=–21
13	(–30)+(5)=–35
14	(–31)+(0)=–31
15	(–40)+(–3)=–43
16	(–35)+(0)=–35
17	(–40)+(0)=–40
18	(–42)+(0)=–42

ındirektion Nürnberg.









Versuchsstrecke:

zugsgleis Eibach - Nürnberg Rbf. km 1,780 - 2,947.

Maßstab der Schienenbewegung 1 : 4.

Lith. Anst. v. F. Wirtz, Darmstadt.

C. W. Kreidel's Verlag, München

1927
82. Jahrgang.

Heft 16
30. August

ORGAN
FÜR DIE
FORTSCHRITTE DES EISENBAHNWESENS

TECHNISCHES FACHBLATT
DES VEREINS DEUTSCHER
EISENBAHNVERWALTUNGEN



HERAUSGEGEBEN VON
DR. ING. H. UEBELACKER
C. W. KREIDEL'S VERLAG · MÜNCHEN

Inhalt:

Die Weichenentwicklung an Ablaufbergen. Dr. Bäseler. 289. — Taf. 32.
Versuche mit Hochofenstückschlacke als Gleisbettungsstoff. H. Burchartz und G. Saenger. 292. — Taf. 33.
Zulassung von Kreuzungen bei Gleisentwicklungen. Dr. Ing. W. Cauer. 301.
Persönliches. 304.
Internationale Automobil-Ausstellung in Köln. 304.
Erweiterung der Untergrundbahn in London. 305.
Verminderung der Schienen- und Spurkranzabnützung durch eine selbsttätige Schmiervorrichtung an der Schiene. 306.
Gleisunterhaltung mit maschinellen Einrichtungen. 307.
Über eine neue Laschenform (Sparrenlasche). 307.
Besprechungen.
Personenbahnhöfe. 308.
Berichtigung. 308.

Organ für die Fortschritte des Eisenbahnwesens

Technisches Fachblatt des Vereins Deutscher Eisenbahn-Verwaltungen

Schriftleitung: Dr. Ing. H. Uebelacker, Nürnberg, unter Mitwirkung von Dr. Ing. A. E. Bloss, Dresden.

82. Jahrgang | 30. August 1927 | Heft 16

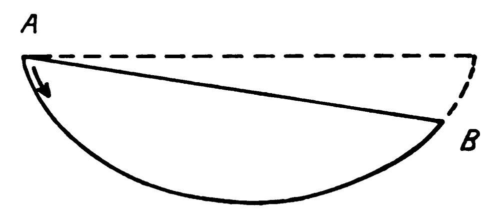
Die Weichenentwicklung an Ablaufbergen*).

Von Reichsbahnrat Dr. Ing. Bäseler, München.

Hierzu Tafel 32.

Über Ablaufberge ist in den letzten Jahren viel geschrieben worden. Trotzdem scheint es, dafs gewisse einfache Tatsachen, die man hierbei beachten mufs, wenig bekannt sind. Die wissenschaftliche Methode hat die Erkenntnis der Tiefe nach zweifellos gefördert, aber der Breite nach eher gehemmt, weil ihre Anwendung für den Mann der Praxis zu umständlich ist.

Der Ablaufvorgang beruht auf einem bekannten Problem der Mechanik. Wenn ein materieller Punkt unter dem Einflufs der Schwerkraft von einem höher gelegenen Punkte A nach einem tiefer gelegenen Punkte B abrollen soll (s. Textabb.), so



Darstellung des Ablaufvorganges.

gibt es eine Kurve, auf der dies die wenigste Zeit erfordert. Man nennt sie die Brachistochrone (s. Föppl, Techn. Mechanik, Bd IV, Seite 87 u. f.). Sie ist eine Zykloide. Sie fängt bei A möglichst steil, d. h. senkrecht an, damit der materielle Punkt schnell grofse Geschwindigkeiten bekommt. Sie ist bei grofser Horizontalentfernung immer durchgesenkt, d. h., sie hat vor B eine Gegensteigung, weil dann das mittlere flache Stück mit um so gröfserer Geschwindigkeit durchlaufen wird.

Es ist also ganz folgerichtig, wenn Frölich das Steilprofil entwickelte. Die Gegensteigung hat Findeis auf dem Verschiebebahnhof Strashof bei Wien ausgeführt; im allgemeinen scheut man sich davor, weil die Wagen u. U. zurücklaufen könnten; ob mit Recht, ist einigermafsen zweifelhaft; es lassen sich einfache Sicherungen dagegen treffen (Rücklauf-Entgleisungsweichen).

Dafs beim freien Ablauf ein möglichst geringer Zeitaufwand für das Durchlaufen des Weges AB das Entscheidende ist, erkennt man aus folgendem. Es soll so abgedrückt werden, dafs am Gipfel alle zehn Sekunden ein Wagen abläuft. Wenn die Wagen gleich schnell laufen würden, käme auch unten in jeder beliebigen Entfernung vom Gipfel und ganz unabhängig von der Laufgeschwindigkeit an sich genau alle zehn Sekunden ein Wagen durch. Da sie aber verschieden laufen, braucht der eine mehr, der andere weniger Zeit, so dafs sie sich einholen und u. U. die Weichen zwischen ihnen nicht mehr umgestellt werden können. Die Strecke vom Gipfel bis zur letzten Weiche sei beispielsweise 240 m, die mittlere Geschwindigkeit des Gutläufers auf der Strecke 6 m/Sek. Dann ist die Laufzeit $\frac{240}{6} = 40$ Sek. Braucht ein vorausgegangener Schlechtläufer 10% mehr, d. h. 44 Sekunden, so wird zwischen Gutläufer und Schlechtläufer am Ende der Strecke statt des normalen Zeitunterschiedes von zehn Sekunden nur ein solcher von 10 — 4 = 6 Sek. sein. Nun wollen wir annehmen, das Profil sei flach statt steil entwickelt, so dafs der Gutläufer nur die halbe Geschwindigkeit (3 m/Sek.) habe, also die doppelte Zeit brauche $\left(\frac{240}{3} = 80 \text{ Sek.}\right)$. Ist der Schlechtläufer wieder um 10% schlechter, (in Wirklichkeit ist dann der Unterschied noch gröfser) so braucht er 88 Sekunden, verspätet sich also um acht Sekunden; für das Weichenumstellen blieben nur mehr 10 — 8 = 2 Sek.

Es kommt hinzu, dafs der Wagen ja kein Punkt ist, sondern eine endliche Länge hat, und die Zeit, die er selbst zum Durchlaufen an einer bestimmten Stelle braucht, ist auch gröfser, wenn er langsam läuft. Aber entscheidend ist vor allem die obige Überlegung. Man braucht sich, um recht klar zu sehen, nur den äufsersten Fall vorzustellen, die Wagen würden am Ablaufberg losgeschossen. Es wäre gleich, ob sie die Rohrmündung mit einigen hundert oder einigen tausend Sekundenmetern verliefsen; das würde in 240 m Entfernung nur Unterschiede von einem Bruchteil einer Sekunde bedeuten, und diese wären bei zehn Sekunden Folge ohne Belang.

Aus obigem folgt weiter sofort, dafs die Gefahrstrecke so kurz als möglich sein mufs, weil auch mit ihrer Länge der schädliche Zeitunterschied wächst. Die letzten Weichen müssen also so nahe als möglich am Berg liegen.

Diese Aufgabe ist eine rein geometrische. Nehmen wir an, die Gruppe habe 45 Gleise. Wir setzen an der frühesten Stelle — man rechnet heute 15 m unter dem Gipfel — die erste Weiche an und gehen mit dem zulässigen Mindesthalbmesser so schnell als möglich nach beiden Seiten auseinander. Dann ergibt sich — unter Vernachlässigung von Kleinigkeiten — ein Gleisbild nach Abb. 1, Taf. 32. Diese Form ist gegeben und an ihr ist nichts zu ändern. Es fragt sich nun, wo der letzte Merkpfahl liegen darf.

45 Gleise haben 44 Zwischenräume. Der Gleisabstand am Merkpfahl ist 3,5 m; 44 . 3,5 m sind 154 m. An der Stelle, wo quer über die Gruppe und etwas im Bogen gemessen, eine Breite von 154 m vorhanden ist, können also alle Gleise frei entwickelt sein; weiter hinab darf kein Merkpfahl liegen. Diese Stelle liegt in unserem Beispiel 189 m vom Gipfel entfernt.

Die üblichen Weichenentwicklungen entsprechen dem nur sehr unvollkommen. Einzelne Gleise zweigen schon früh ab, laufen mit ihrer ganzen Nutzbreite von 4,5 m durch und nehmen dadurch den später abzweigenden den Platz weg, sodafs deren Abzweigungspunkte sich noch weiter hinausschieben. Freilich läfst sich das Ideal nicht immer erreichen, wie man an den späteren Beispielen bemerken wird; aber es ist nötig, das Hauptziel festzustellen.

Wenn man Gleisbremsen verwendet, ändert sich das Schema etwas, aber nicht wesentlich. Wir müssen uns zunächst über die Lage der Gleisbremsen klar werden.

Wenn man in der Ablaufstrecke Bremsen einschaltet, so kann man ihnen zweierlei Aufgaben zuweisen, nämlich

1. auf Abstand oder
2. auf Laufweite

zu regeln.

Nachdem, wie wir gesehen haben, steiles Gefälle die Einhaltung des Abstandes schon ziemlich gut sichert, braucht man

*) Vergl. hierzu auch Schulz, V. W. 1926 Nr. 26.

Bremsen für diesen Zweck nicht, so lange man bei mäfsigen Wagenfolgen, d. h. langsamer Abdrückgeschwindigkeit bleibt (0,5 bis 0,8 m/Sek.). Die Bremsen sollen deshalb zur Regelung auf Laufweite dienen, damit die Wagen möglichst genau an der gewünschten Stelle des Richtungsgleises zum Halten kommen. Wenigstens ist das die bisherige Theorie.

Das Natürlichste wäre in diesem Falle ohne Frage, in den Anfang jedes Richtungsgleises eine Bremse zu legen. In der Tat sind die Franzosen mit ihren billigen Hemmschuhbremsen auf dem Bahnhof Bordeaux diesen Weg gegangen (Organ 1927, Heft 7, Seite 137). Bei hemmschuhlosen Bremsen geht das aus wirtschaftlichen Gründen einstweilen nicht. Man mufs also etwas nach dem Berg rücken, aber so wenig als möglich; man kommt dann auf ein Schema, wie es in Abb. 3, Taf. 32 dargestellt ist.

Die Grundlagen dieser Gleisentwicklung hat auch Frölich gefunden. Man »büschelt« die Gleise. Je mehr Gleise an einer Bremse hängen, um so länger wird der schädliche Weg hinter der Bremse. In Hamm sind Gruppen von acht bis neun Gleisen gewählt.

Entscheidend wird hier die Frage, wie lang der schädliche Weg, also die Entfernung vom Ende der Gleisbremse bis zum letzten Merkpfahl, sein darf. In Hamm sind es bis 153 m; allerdings brauchen — aus gleich zu besprechenden Gründen — die letzten Weichen nur selten umgestellt zu werden. Ein Fachmann hat kürzlich 100 m gefordert; ich halte das für Weichen, die öfters umgestellt werden, schon für das Äufserste. Die nachfolgenden Untersuchungen rechnen mit diesem Mafs. Läfst es sich nicht einhalten, oder mufs es gar noch überschritten werden, so mufs man die Zahl der an eine Bremse angeschlossenen Gleise verringern; dadurch erhöht sich aber die Zahl der Bremsen und damit der Kostenaufwand. Die Kunst der Gleisentwicklung wird es sein, mit möglichst wenig Bremsen auszukommen, und trotzdem nur kurze schädliche Wege zu bekommen. Wie man das macht, läfst sich schwer allgemein beschreiben; die nachfolgenden Abbildungen sollen einen Anhalt geben.

Wie schädlich der Weg hinter der Bremse ist, wenn man ernstlich auf Laufweite bremsen will, ist wenig bekannt. Nehmen wir einen Gutläufer mit Rückenwind (Widerstand 1 ‰), der in der Spitze des — gefüllten — Richtungsgleises zum Halten kommen soll. Er braucht für 100 m Weg noch $\frac{100}{1000} = 0{,}1$ m Geschwindigkeitshöhe, wenn das Gleis hinter der Bremse horizontal ist. Das entspricht einer Auslaufgeschwindigkeit aus der Bremse von nur $\sqrt{2gh} = \sqrt{20 \cdot 0{,}1} = 1{,}4$ m/Sek. Der Wagen würde für das kurze Stück über zwei Minuten benötigen, was bei einer dichten Wagenfolge natürlich unmöglich ist. (Praktisch hilft man sich heute so, dafs man solche Wagen eben nicht auf Laufweite abbremst, sondern durch den Hemmschuhleger auffangen läfst.)

Aus dieser Tatsache folgen sehr wichtige Dinge, die teilweise in den bisherigen Veröffentlichungen noch wenig zum Ausdruck gekommen sind. Zunächst die schon von Frölich betonte Notwendigkeit, hinter der Bremse die Gleise wenigstens horizontal zu legen; sonst wird eben bei einem Gutläufer ein Abbremsen auf Ziel u. U. überhaupt unmöglich (das theoretisch Richtige ist unbedingt, wie oben erwähnt, die Gegensteigung; die Frage bedarf noch sehr genauer Prüfung). Die Schwierigkeiten werden in dieser Hinsicht sehr grofs werden, sobald wir häufiger Wagen mit Rollenlagern bekommen.

Es liegt nahe, die Frage zu stellen, wie sich denn die Praxis zu dieser Schwierigkeit stellt. Wir haben ja heute den Bahnhof Hamm und können am Objekt studieren. Es mindert die dort vollbrachte Leistung nicht, wenn im nachstehenden versucht wird, herauszuschälen, was sie eigentlich beweist.

Abb. 2, Taf. 32 zeigt den Ablaufkopf in Hamm. Die schwarz ausgefüllten Weichen stellen sich selbsttätig.

Das Besondere an den Hammer Verkehrsverhältnissen ist, dafs jeder ankommende Zug nur verhältnismäfsig wenige Richtungen führt. Nach den Rangierzetteln sind es selten mehr als acht bis zehn, höchstens zwölf. Von den 33 Richtungsgleisen werden also jeweils nur ein Drittel bis ein Viertel gebraucht. Nun geben die selbsttätigen Weichen allein schon acht Ausscheidungen, und die Benutzung der Richtungsgleise ist so geregelt, dafs die vorzunehmenden Trennungen immer gerade auf diese Weichen fallen. Es brauchen daher eigentlich nur vor Beginn jedes Ablaufs die hinteren Weichen auf das jeweils benötigte Gleis eingestellt zu werden. Selten wird während des Ablaufs noch eine Weiche von Hand bewegt, eine Tatsache, die den Besucher zunächst am meisten überrascht. Die Erkennung und geschickte Benutzung dieser Verhältnisse ist ohne Zweifel die besondere Leistung, die zu den Erfolgen der Hammer Anlage geführt hat. Man wird aber — mit den Erbauern selbst *) — die Frage stellen müssen, wie weit die Verhältnisse von Hamm als typisch angesehen werden dürfen. Sicher werden wir viele Fälle finden und noch mehr bekommen, wo man mit so wenigen Ausscheidungen nicht auskommt, und wo es auch nach dem gegebenen, nicht zu ändernden Benutzungszweck der Gleise nicht möglich ist, die Ausscheidungen hauptsächlich an den vordersten Weichen vorzunehmen.

Besonders interessant ist nun, was aus dem Vorerwähnten für den Ablauf selber folgt. Es ist klar, dafs die wenigen Ausscheidungen den freien Ablauf sehr erleichtern. Da hinter der Bremse meistens nur noch eine Weiche kommt, ist die Gefahrzone hinter der Bremse praktisch nur 45 m lang. Man sollte meinen, eine so geringe Entfernung könne nicht nennenswert stören. Der Augenschein zeigt das Gegenteil.

Bekanntlich bringt es Hamm auf sehr hohe Leistungen, nämlich Wagenfolgen von sechs bis sieben Sekunden. Es erweist sich nun als einigermafsen schwierig, bei so dichter Folge noch auf die Laufweite Rücksicht zu nehmen; die Bremswärter haben schon damit zu tun, den Abstand einzuhalten. Das wird ihnen um so schwerer, als sie ja alle Wagen abbremsen, also geringe Geschwindigkeit hinter der Bremse anwenden müssen, sonst bliebe bei dem hohen Berg ihre Geschwindigkeit zu grofs und die Wagen müfsten in den Richtungsgleisen mit Hemmschuhen aufgefangen werden, was gerade vermieden werden soll.

Praktisch wirkt sich das so aus, dafs viele Wagen in der Mitte der Richtungsgleise oder noch weiter vorn zum Stehen kommen; Lücken von mehreren 100 m Länge sind keine Seltenheit. Das hängt nicht mit der grundsätzlichen Schwierigkeit zusammen, die Laufweite mit einer Reibungsbremse genau zu regeln; der Fehler ist viel gröfser. Es sind auch nicht etwa Schlechtläufer, die man bei den praktisch möglichen Berghöhen nie bis an das Ende der Richtungsgleise treiben kann, sondern es sind Gut- und Mittelläufer, die wegen der Abstandshaltung abgebremst werden mufsten.

Dieses Ergebnis hat übrigens nicht überrascht; es ist oft betont worden, dafs man bei hohen Leistungen nicht gleichzeitig Abstand halten und auf Laufweite regeln könne, solange die Bremsen nicht in der Spitze der Richtungsgleise liegen. Die beiden Forderungen widersprechen sich eben. Überrascht hat nur, dafs sich dieser Widerspruch selbst unter so aufsergewöhnlich günstigen Verhältnissen so stark bemerkbar macht. Man hätte erwarten dürfen, nachdem Hamm auf Abbremsung nach der Laufweite angelegt und alle Einrichtungen (Benachrichtigung über den Füllungsgrad der Gleise) dazu getroffen waren, dafs das Ziel näherungsweise erreicht würde. Statt dessen ist die Abbremsung auf Laufweite praktisch so gut wie aufgegeben.

*) Vergl. Wagner, Verk. Woche 1927, Nr. 28.

Das ändert nichts daran, dafs die tatsächliche Lösung in Hamm auch ihre Vorzüge hat, namentlich, sobald die Mittel zum Zusammenholen entsprechend ausgebildet sind. Die Lösung läfst sich so aussprechen: Man läfst die Wagen dicht laufen, bremst sie so vor, dafs sie in den Richtungsgleisen im allgemeinen nicht aufgefangen zu werden brauchen, sondern früh zum Stehen kommen, und benutzt die Bremse gleichzeitig, um den Abstand zu regeln, wenn es gelingt, auch die Laufweite. Das Zusammenholen ist eine Sache für sich.

Damit ist keineswegs gesagt, dafs man die Abbremsung auf Laufweite an sich aufgeben müsse. Man mufs dann eben nur die Wagenfolge vermindern, damit man hinter der Bremse »Zeitspielraum« zur Verfügung hat und ohne Einholgefahr den einen Wagen, der weit laufen soll, schneller, den andern, der nur einen kurzen Weg vor sich hat, langsamer aus der Bremse entlassen kann. Für so viele Anlagen, von denen keine allzu hohe Leistung verlangt wird, ist diese — bisher von der Theorie allein verfochtene — Lösung durchaus angemessen und richtig.

Wir halten also für die Gleisentwicklung fest, dafs man bei der heutigen Lage der Bremsen im Betrieb Kompromisse schliefsen mufs, dafs aber einstweilen nichts anderes übrig bleibt, solange bei uns genügend billige Bremsen noch nicht entwickelt sind, und dafs jedenfalls die Gleise gebüschelt und die schädlichen Strecken hinter der Bremse so kurz als möglich sein müssen.

Daraus ergibt sich das schon genannte Grundschema nach Abb. 3, Taf. 32. Es sind 45 Gleise vorhanden, die in fünf Gruppen zu je neun Gleisen gebüschelt sind. Die ganze Länge vom Gipfel bis zum letzten Merkpfahl ist 207 m, vom Ende der Bremse bis ebendahin 89 m. Auch bei der Einfügung von Gleisbremsen gibt es für die ganze Gruppe eine Grenze, über die hinaus die letzte Weiche nicht zu liegen braucht und infolgedessen nicht liegen soll. Aber das gleiche Gesetz gilt auch und in besonderem Mafse für das einzelne Gleisbüschel, und man wird, wenn man die zweite Forderung erfüllt, im allgemeinen auch der ersten so nahe kommen, wie es unter diesen Umständen möglich ist.

Um eine möglichste Kürze hinter der Bremse zu erzielen, ist es wesentlich, dafs das einzelne Büschel in sich möglichst symmetrisch entwickelt ist, was namentlich bei den Büscheln am Rande manchmal Schwierigkeiten macht. Nötig ist dazu, dafs die Gleisbremse ziemlich genau auf die Mitte des Büschels zielt.

Die Weichen in Abb. 3, Taf. 32 sind symmetrische Doppelweichen. Sie geben die günstigsten Gleisformen und werden im Ausland als sogenannte dreischlägige Weichen viel verwendet. Bei uns sind sie wegen der schwierigen Zungenausbildung nicht beliebt. Es steht aber gar nichts im Wege, sie als Schleppweichen auszubilden, wobei sie sehr einfach werden; das sonst geltende Bedenken gegen Schleppweichen, dafs bei unrichtigem Einstellen und Befahren von der Wurzel her Entgleisen auftritt, fällt hier weg, da sie immer an der Spitze befahren werden *). (Übrigens läfst sich die Entgleisungsgefahr auch durch Auflaufstücke beseitigen.) Solange solche Weichen noch nicht ausgebildet sind, müssen wir unsere jetzigen Weichen verwenden; die neuen Steilweichen, mit deren Einführung in Kürze gerechnet werden kann, erleichtern die hier vorliegende Aufgabe manchmal, nicht immer. Beispiele dazu folgen weiter unten, doch sollen die Hauptgrundsätze der Gleisentwicklungen an Hand von Schleppweichen besprochen werden, weil diese ein besonders klares Bild geben. Praktisch mufs man sich die gezeigten Bilder einstweilen in gewöhnliche Weichen übersetzen.

*) Der Vorschlag, für Ablaufberge wieder Schleppweichen einzuführen, stammt von dem Sicherungsreferenten der R. B. D. München, R. O. R. Beckh.

In Abb. 3, Taf. 32 fällt mancherlei auf, was besprochen werden mufs. Zunächst, dafs erhebliche Gegenkrümmungen darin enthalten sind. Diese lassen sich aber nicht vermeiden; jeder Versuch, sie zu umgehen, führt zu einer bedeutenden Vergröfserung der schädlichen Länge, was noch viel nachteiliger ist. Man mufs den Gegenkrümmungen durch entsprechend geringere Abbremsung Rechnung tragen. Zweitens fällt die schlechte Platzausnützung auf, die mit den Gegenkrümmungen und dem Büschelsystem eng zusammenhängt. Das ganze Spitzendreieck der Gleisgruppe enthält fast keine nutzbare Gleislänge. Auch das ist unvermeidlich.

In Abb. 3, Taf. 32 sind kurze Bremsen von 10 m Länge gewählt. Meistens sind die Bremsen länger, zumal es bei manchen Bauarten von Vorteil sein kann, ein Umfahrungsgleis anzulegen, weil dadurch Einrichtungen entfallen, die sonst zum Absenken der Bremse für Lokomotivfahrten nötig sind. Weil die langen Einzelgleise sowieso vorhanden sind, ist es nur nötig, ein entsprechendes Stück in die Gerade zu legen; die ganze Entwicklung wird dadurch nur um 15,5 m länger (s. Abb. 4, Taf. 32), hinter der Bremse ändert sich gar nichts.

In Abb. 5, Taf. 32 sind mit sieben Gleisbremsen 49 Gleise entwickelt, so dafs auf eine Bremse nur sieben Gleise entfallen. Man sieht, dafs die schädliche Länge erheblich sinkt, nämlich auf 68,5 m.

Man ist bei Büschelbildung nicht unbedingt darauf angewiesen, alle Bremsen und Büschelspitzen in gleicher Entfernung vom Berg zu legen, wie es bei den vorhergehenden Beispielen der Fall ist. Man kann, wenn man beispielsweise die Mittelgruppe zurückschiebt, die Randgruppen heranziehen. Allerdings wird dann bei der Mittelgruppe die Länge vor der Bremse gröfser, was aber bis zu einem gewissen Grade erträglich ist. Nachteilig ist bei dieser Anordnung, dafs längere Strecken der Randgruppen gekrümmt sind. Vorteilhaft gegenüber der vorhergehenden Anordnung ist dagegen, dafs die schädliche Länge von 89 m (vergl. Abb. 3, Taf. 32) auf 77,5 m sinkt und dafs, da die mittlere Ablauflänge 200 m beträgt, immerhin $(207 - 200) \times 45 = 315$ m nutzbare Gleislänge gewonnen werden. Es liegt auf der Hand, dafs hier noch reizvolle Aufgaben für den Spurplanbildner vorliegen, die in diesem Zusammenhang nur angedeutet werden können.

In Abb. 7, Taf. 32 sind 5×14 Gleise entwickelt. Bei 14 Gleisen in einer Gruppe wird die schädliche Länge schon 120 m.

Abb. 8 und 9, Taf. 32 zeigen die Übersetzung dieser Gestaltungsgrundsätze in unsere gewöhnlichen (Steil-) Weichen.

Abb. 10, Taf 32 zeigt, dafs man bei solchen Gleisentwicklungen, wenn es nötig ist, aus allen Gleisen oder Gleisgruppen am Berg vorbei ausfahren kann.

Abb. 11, Taf. 32 zeigt eine Entwicklung 5×8 mit nur Vierwegeweichen nach Vogel*). Was diese Weichen unter Umständen leisten können, sieht man deutlich an der Abb. 12 und 13, Taf. 32, die den Ablaufkopf in Hamm (4×8) mit diesen Weichen nachbilden. Die schädliche Länge, in Hamm 153 m, geht auf 90 m oder gar 86 m zurück. In Abb. 12, Taf. 32 sind auch die Umfahrungsgleise der Gleisbremsen aus einer Vierwegeweiche entwickelt.

Interessant ist auch ein Vergleich der Entwicklung XI mit denen auf Abb. 12 und 13, Taf. 32, denn durch die vorgezogenen Flügel ist diese Anlage als leistungsfähiger anzusprechen als die beiden andern. Die schädliche Länge ist die gleiche, die mittlere Gesamtlänge vom Ablaufkopf bis zum Merkpfahl ist 216 m, also um 11 oder 21 m kürzer; dabei werden 40 Ausscheidungen von nur einem Stammgleis gegenüber 32 aus zwei Stammgleisen erzielt. Allerdings sind erheb-

*) Vergl. „Wirtschaftliche Gestaltung der Weichen und Gleisverbindungen." Sonderdruck im Verlag der „V.W.".

liche Gegenkrümmungen zu überwinden, die bei den Abb. 12 und 13, Taf. 32 fortfallen.

Wie steht es nun mit der tatsächlichen Anwendung solcher Gleisformen? Wir sahen, dafs sie durchaus notwendig sind, wenn die einander widersprechenden Aufgaben des jetzigen Gleisbremsenbetriebes zu einem leidlich befriedigenden Ausgleich gebracht werden sollen. Bei Neuanlagen ist man frei, sie zu verwenden; hingegen ist ebenso deutlich, dafs ihr Einbau bei älteren Anlagen keineswegs sehr leicht ist. Wir wollen einmal absehen von der Erhöhung des Berges, die oft schon erhebliche Schwierigkeiten macht. Am störendsten ist, dafs die älteren Anlagen meistens nicht, wie es die Gleisbremse erfordert, schnell in die Breite gehen, sondern spitz entwickelt sind. Es ist billig, in solchem Falle zu sagen, die Anlage ist eben falsch und mufs geändert werden. Die Anlage ist nun einmal da und es wird Aufgabe der Rangiertechnik sein, auch dafür Lösungen zu finden.

Falls man sich zum Umbau entschliefst, so hat man zwei Wege. Ist das Dreieck ABC der Umrifs der bestehenden Entwicklung, so kann man den Berg in die Gruppe schieben (Abb. 14, Taf. 32). Da das aber oft einen Verlust von vielen hundert, wenn nicht einigen tausend Metern Gleis bedeutet, wird das nur sehr selten in Frage kommen. Oder man geht gleich bei A in die Breite (Abb. 15, Taf. 32). Das ist das Richtige, wenn der Platz zur Verfügung steht. Wo das aber nicht geht, weil er, wie so häufig, bebaut ist, da ist die Gleisbremsenlösung unverwendbar. Ein Beispiel ist Seddin, wo die letzten Weichen ziemlich weit vom Berg liegen und die Gleisbremse infolgedessen ihre eigentliche Tätigkeit gar nicht entfalten kann.

Es wird die wichtigere und sehr viel schwierige Aufgabe der Rangiertechnik sein, Lösungen für die zahlreichen Fälle zu finden, wo die sehr entfernten Weichen aus örtlichen Gründen nicht an den Berg herangeholt werden können. Es darf auch nicht übersehen werden, dafs wir wahrscheinlich dazu kommen werden, gleich im ersten Verschiebegang soviel Ausscheidungen vorzunehmen, wie irgend möglich, z. B. unmittelbar Stationsgruppen zu bilden. Dann brauchen wir sehr viele, wenn auch kurze Sammelgleise, und diese lassen sich nicht mehr an einen Berg anschliefsen, wenn man nicht zuläfst, dafs die letzten Weichen erheblich weiter abliegen als die ersten.

Versuche mit Hochofenstückschlacke als Gleisbettungsstoff.

Von Prof. H. Burchartz und Dipl.-Ing. G. Saenger.

(Mitteilung aus dem Staatlichen Materialprüfungsamt Berlin-Dahlem.)

Hierzu Tafel 33.

A. Anlafs zu den Versuchen und Zweck derselben.

Der seinerzeit von dem Herrn Minister der öffentlichen Arbeiten gebildete »Ausschufs zur Untersuchung der Verwendbarkeit von Hochofenschlacke zu Betonzwecken*)« hat am 25. Januar 1917 u. a. über die Aufstellung von Richtlinien für die Herstellung und Lieferung von Hochofenschlacke zur Verwendung als Eisenbahnschotter beraten. Hierbei wurde zum Ausdruck gebracht, dafs es nach den damals vorliegenden Erfahrungen nicht möglich sei, bereits zu einem abschliefsenden Urteil über die Bewährung von Hochofenschlacke für solche Zwecke zu kommen. Die Beurteilung war bei der bei den Eisenbahndirektionen vorgenommenen Rundfrage sehr verschieden ausgefallen, was darauf schliefsen lasse, dafs es geeignete und ungeeignete Schlacke gebe.

Herr Oberbaurat Lauer hat daher vorgeschlagen, dem Herrn Minister der öffentlichen Arbeiten die Anlage von Versuchsstrecken zu empfehlen, um das Verhalten der verschiedenen Schlackensorten studieren zu können. Allerdings müfsten sich diese Versuche auf Jahre hinaus erstrecken, da das Studium der Frage des Zementierens der Gleisbettung und des Rostens des Oberbaues viel Zeit erfordern würde. Es wurde daher angeregt, gleichzeitig Laboratoriumsversuche auszuführen, die in kürzerer Zeit Ergebnisse erwarten liefsen als die praktischen Versuche. Es wurde beschlossen, einen Unterausschufs zu bilden, der einen Arbeitsplan aufstellen sollte. In Ausführung dieses Beschlusses legte der Unterausschufs folgenden Plan vor:

1. Der Verein Deutscher Eisenhüttenleute wird diejenigen Hochofenwerke bezeichnen, deren Schlacke zu den Versuchsstrecken verwendet werden soll. Hierbei kommt es in erster Linie auf Wetterbeständigkeit an, wofür in Ermangelung eines geeigneten Prüfungsverfahrens die Erfahrung mafsgebend sein wird. Im übrigen werden bei der Auswahl der Rohschlacke und der Anfertigung des Schotters die neuaufgestellten Richtlinien zu beachten sein.

Die vom Verein ausgewählten Werke müssen im kommenden Frühjahr den Schlackenschotter für die Versuchsstrecken (je etwa 2000 cbm) nach näherer Vereinbarung an die zuständigen Eisenbahndirektionen liefern, ferner von dem gleichen Grundstoff eine zur Anstellung von Versuchen bestimmte kleine Menge an das Königliche Materialprüfungsamt Berlin-Lichterfelde senden, endlich dafür sorgen, dafs Ergänzungsschotter zur Unterhaltung der Versuchsstrecken in gleichartiger Beschaffenheit nachgeliefert werden kann.

2. Der Herr Minister der öffentlichen Arbeiten wird um Bezeichnung und Anweisung derjenigen Direktionen zu bitten sein, welche die Versuchsstrecken einrichten sollen. Diese sind aus den im kommenden Jahre ohnehin planmäfsig zum Umbau kommenden Gleisstrecken derartig auszuwählen, dafs je ein Kilometer in der sonst verwendeten Bettung und ein Kilometer in Schlackenschotter verlegt werden. Von beiden Vergleichsstrecken erhält wieder je die Hälfte eiserne und hölzerne Schwellen.

Im übrigen sollen die Versuchsstrecken in ihrer Gesamtheit möglichst alle vorkommenden Verhältnisse umfassen, also Haupt- und Nebenbahnen, schweren, mittleren und leichten Verkehr, Dammstrecken, trockene und quellige Einschnitte, auch Wegübergänge und Zwischenbahnsteige, bei denen der Schotter bis an die Schienenköpfe reicht. Auch wird der Schlackenschotter unter Weichen zu erproben sein.

Um eine geeignete Auswahl zu ermöglichen, wird es sich empfehlen, dafs die Direktionen verschiedene Strecken unter genauer Angabe der Betriebs- und örtlichen Verhältnisse vorschlagen.

Das Königliche Materialprüfungsamt legte daraufhin einen Arbeitsplan für die in Aussicht genommenen Laboratoriumsversuche vor. Mit Erlafs vom 9. Mai 1917 genehmigte der Herr Minister der öffentlichen Arbeiten diesen Plan und beauftragte die Eisenbahndirektionen, Versuchsstrecken aus für geeignet geltenden Hochofenschlacken und zum Vergleich auch solche mit natürlichen Gesteinen anzulegen, und verfügte unter Hinweis auf den Arbeitsplan des Materialprüfungsamtes die Einsendung von Schlacken- und Bruchsteinschotter an das Amt.

*) Über den Anlafs zur Gründung des Ausschusses und über dessen Zusammensetzung siehe näheres: Burchartz und Bauer, Versuche mit Hochofenschlacke, Mitt. a. d. Kgl. Materialprüfungsamt 1916, S. 157 u. f.

B. Arbeitsplan für die Erprobung von Hochofenstückschlacke zu Eisenbahnbettungszwecken.

I. Probematerial:

a) 9 Sorten Hochofenstückschlacke,
b) 4 Basaltsorten,
c) 1 Granitsorte,
d) 1 Grauwacke,
e) 1 Melaphyr,
f) 1 Sandstein (Piesberger).

II. Umfang der Versuche:

1. Bestimmung der chemischen Zusammensetzung der Schlacken,
2. Ermittlung der Dichtigkeitsverhältnisse (Raumgewicht, spezifisches Gewicht, Dichtigkeitsgrad),
3. Bestimmung der Wasseraufnahme,
4. Prüfung auf Frostbeständigkeit,
5. Beobachtung der chemischen Einwirkung des Schotters auf Eisen und Holz,
6. Ermittlung des Widerstandes des Schotters gegen Zertrümmern nach Verfahren Rudeloff,
7. Prüfung auf Kanten- und Stofsfestigkeit.

Der Arbeitsplan wurde später unter Beschlufs des Ausschusses noch auf folgende Versuche ausgedehnt:

8. Bestimmung des Raumgewichts des Schotters,
9. Prüfung auf Wasseraufnahme und -abgabe,
10. Beobachtung der chemischen Einwirkung von dichter und poröser Schlacke auf Eisen und Holz im Vergleich mit Kies.

C. Probestoffe.

Das Probematerial bestand aus neun Hochofenschlacken- und acht Bruchsteinsorten. Erstere sind im nachstehenden mit I bis IX, letztere mit 1 bis 8 bezeichnet.

Die Schlacken entstammten teils den Hochofenwerken, teils den Versuchsstrecken, in denen sie mehrere Jahre verlegt gewesen waren. Die Proben wurden in Form von Schotter in der für Gleisbettungszwecke üblichen Körnung eingesandt. Die Versuche wurden in vorstehend angegebenem Umfange im wesentlichen in den Jahren 1917 bis 1920 ausgeführt, mit Ausnahme derjenigen unter 5 und 10, die erst im Jahre 1925 zum Abschlufs gelangten. Die Kosten der Untersuchungen trug der Verein Deutscher Eisenhüttenleute.

D. Versuchsausführung.

Die Bestimmung der Dichtigkeitsverhältnisse, der Wasseraufnahme und Frostbeständigkeit erfolgte in der für andere Baustoffe üblichen Weise. Das Raumgewicht des Schotters wurde in der Weise ermittelt, dafs der trockene oder getrocknete Schotter in ein rundes Hohlgefäfs von 1000 cm^3 Inhalt bei 18 cm Höhe und 26,6 cm Durchmesser in Lichten ohne Rütteln eingefüllt und gewogen wurde.

Zwecks Ermittlung der chemischen Einwirkung des Schotters auf Eisen und Holz wurden in kurze Holzstammabschnitte von etwa 22 cm Durchmesser und 16 cm Höhe gemäfs Textabb. 1 je zwei Flacheisen von $5{,}1 \times 0{,}7$ cm und je zwei Rundeisen von 3,6 cm Durchmesser, sowie je zwei aus imprägnierten Eisenbahnschwellen geschnittene Stäbe aus Buchen- und Kiefernholz von etwa $6{,}0 \times 4{,}8$ cm Querschnitt eingesetzt. Die so gewonnenen Versuchsstücke wurden im Freien auf Zementbeton gelagert und nach Mafsgabe der Textabb. 2 mit Schotter überdeckt.

Um den Einflufs der Porosität der Schlacken auf deren Einwirkung auf Eisen und Holz und gleichzeitig das Verhalten des Schlackenschotters in dieser Beziehung im Vergleich mit Kiesschotter festzustellen, wurden gleiche Versuchsstücke wie vorgeschrieben mit Schlackenschotter aus porösen und dichten Schlackenstücken und mit Kies von 7 bis 35 mm Körnung bedeckt. Die Versuchsstücke wurden von Zeit zu Zeit abgedeckt und die Beschaffenheit der Eisen- und Holzstücke bzw. die etwa eingetretenen Veränderungen festgestellt.

Für die Zertrümmerungsversuche nach Verfahren Rudeloff, die wegen des damit verbundenen grofsen Zeitaufwandes lediglich auf die Schlackensorten II, V, VIII und IX und die Bruchsteine 4 und 8 (Basalt und Granit) beschränkt wurden, wurde der Schotter durch Siebung in die Körnungen 2,3 bis 3,2; 3,2

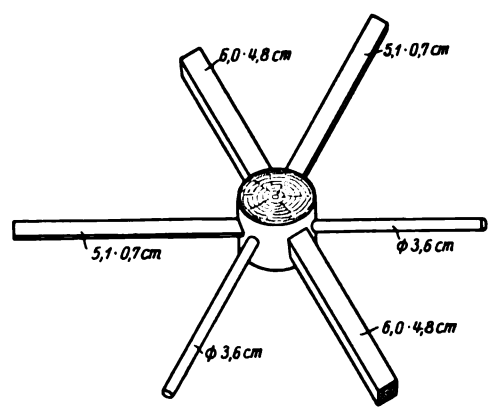


Abb. 1. Versuchsstück zur Ermittlung der chemischen Einwirkung des Schotters auf Eisen und Holz.

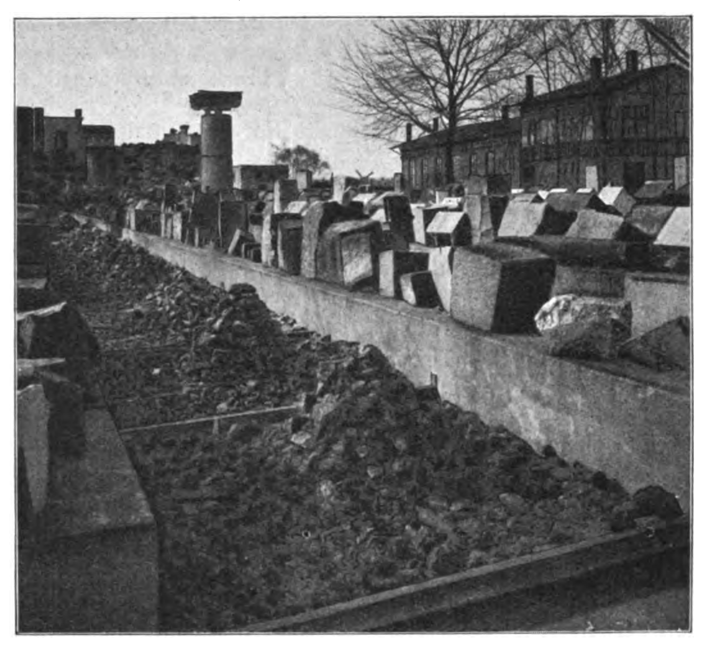


Abb. 2. Lagerung der Versuchsstücke im Freien zur Ermittlung der chemischen Einwirkung des Schotters auf Eisen und Holz.

bis 5,0 und 5,0 bis 7,5 cm zerlegt und jede dieser Körnungen für sich untersucht auf

a) Widerstandsfähigkeit gegen den Schlag mit der Stopfhacke,
b) » » » stofsweise wirkende Druckbelastung (Schwellendruck),
c) » » » allmählich gesteigerten Druck.

Letztere Versuche dienten gleichzeitig zur Ermittelung des Verhaltens des Schotters gegen Nässe und Witterungseinflüsse. Sie wurden deshalb angestellt

α) mit trockenem Schotter,
β) mit Schotter, der etwa vier Wochen in Wasser gelegen hatte,
γ) mit nassem Schotter, der 25mal bei durchschnittlicher Temperatur von — 15° ausgefroren war, in gefrorenem Zustande,
δ) mit nassem Schotter, der 25mal bei durchschnittlicher Temperatur von — 15° ausgefroren war, in aufgetautem Zustande.

Zu a) Etwa 5 kg Schotter gleicher Körnung wurden in einen starkwandigen Holzkasten eingebracht und unter einem Fallwerk einer bestimmten Anzahl von Schlägen ausgesetzt. Der Fallbär trug einen eisernen Beschlag von Form und Abmessungen einer Stopfhacke (Textabb. 3). Nach Ausübung von 207 mkg Schlagarbeit wurde das Material einer Siebanalyse auf den Sieben von 0,6; 1,2; 1,9; 2,5; 3,2; 5,0 und 7,5 cm Maschenweite unterworfen und die jeweiligen Rückstände zwischen je zwei Sieben bestimmt.

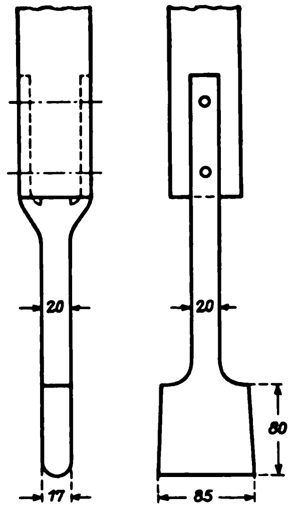


Abb. 3. Fallbär zur Prüfung des Schotters auf Widerstandsfähigkeit gegen den Schlag mit der Stopfhacke.

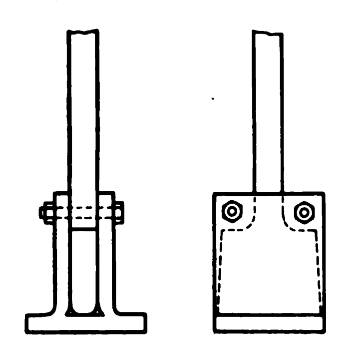


Abb. 4. Fallbär zur Prüfung des Schotters auf Widerstandsfähigkeit gegen stofsweise wirkende Druckbeanspruchung.

Nach beendeter Siebung wurden alle Korngröfsen des Materials wieder durcheinandergemischt und zur Fortsetzung der Versuche benutzt. Die Widerstandsfähigkeit gegen den Schlag

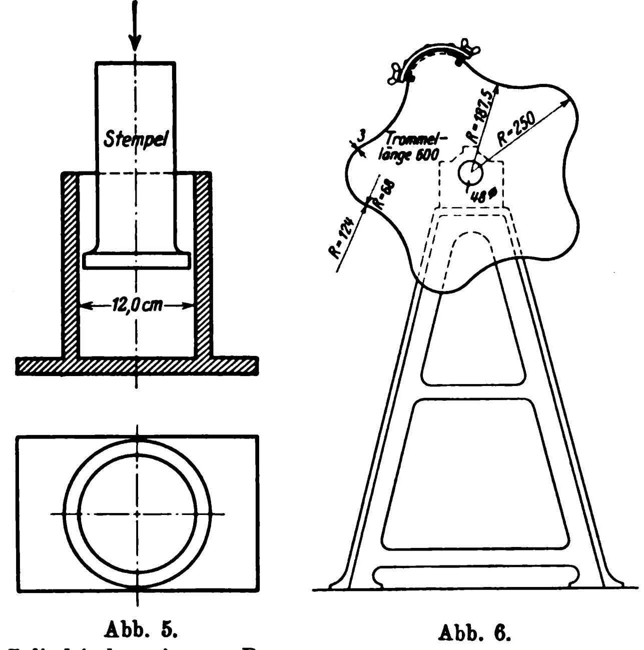


Abb. 5. Zylindrischer eiserner Behälter zur Prüfung des Schotters auf Widerstandsfähigkeit gegen stetig gesteigerten Druck.

Abb. 6. Trommel für die Prüfung auf Kanten- und Stofsfestigkeit.

mit der Stopfhacke wurde auf diese Weise für 207, 621, 1242 und 1656 mkg Schlagarbeit ermittelt.

Zu b) Die Versuche wurden mit der gleichen Vorrichtung ausgeführt, wie die unter a) beschriebenen, nur dafs der Beschlag der Fallbären gemäfs Textabb. 4 geformt war. Die Kastenfüllung wurde mit einer schweren Holzplatte bedeckt, damit sich beim Aufschlagen des Bären der Kleinschlag nur gegeneinander und gegen Holz reiben konnte. Zur Feststellung des Grades der Zertrümmerung wurden Siebanalysen nach 1585, 3170, 4754 und 7925 mkg Schlagarbeit mit dem gleichen Siebsatz wie unter a) ausgeführt.

Zu c) In einen zylindrischen eisernen Behälter von 12 cm lichtem Durchmesser wurde so viel Schottermaterial eingebracht, dafs die Auffüllhöhe des eingerüttelten Schotters etwa 10 cm betrug. Das Material wurde mit Hilfe des Stempels S bis 20000 kg belastet und der Grad der Zertrümmerung der Füllung durch Siebanalyse wie unter a) und b) festgestellt (Textabb. 5).

Die Versuche in der Trommel zur Bestimmung der Kanten- und Stofsfestigkeit wurden an allen Schotterproben durchgeführt. Zu diesem Zwecke wurden je 5 kg möglichst würfelförmiger Schotterstücke in eine drehbare Trommel mit gewelltem Mantel (Textabb. 6) eingebracht und bei 52 Umdrehungen in der Minute 1/2 Stunde gekollert. Nach beendigter Kollerung wurde das Material ebenfalls einer Siebanalyse, und zwar auf den Sieben von 0,6; 1,0; 1,5; 3,0; 7,0; 15,0 und 25,0 mm Maschenweite, unterworfen.

E. Versuchsergebnisse.

Die Versuchsergebnisse sind in Übersicht 1 bis 8 verzeichnet. Ihre Veröffentlichung wurde in der Sitzung des Ausschusses für Untersuchung von Hochofenschlacke am 9. Juli 1926 beschlossen.

1. Chemische Zusammensetzung der Schlacken.

Übersicht 1.

Chemische Zusammensetzung der Schlacken.

Bezeichnung der Schlacken	Kieselsäure SiO_2	Tonerde Al_2O_3	Eisen Fe	Mangan Mn	Kalk CaO	Magnesia MgO	Schwefelsäure SO_3	Sulfidschwefel S	Phosphorsäure P_2O_5
I (J)	34,6	9,5	0,6	3,0	35,9	10,2	0,2	1,3	0,03
II (J)	35,6	9,1	0,7	2,7	37,9	7,7	0,3	1,3	Kaum Spuren
III (H)	34,4	11,5	0,8	3,5	40,2	3,7	0,1	1,5	0,25
IV (GM)	33,9	10,2	0,4	1,4	39,4	9,6	0,1	1,3	Kaum Spuren
V (GM)	33,3	10,0	0,5	1,2	39,8	10,1	0,2	1,3	„ „
VI (Px)	34,9	11,0	1,7	3,1	40,2	4,3	0,2	1,3	0,34
VII (GH)	33,8	12,0	0,3	1,5	43,4	6,4	0,2	1,4	Kaum Spuren
VIII (FA)	32,3	10,9	0,6	2,8	43,3	5,4	Spuren	1,7	„ „
IX (GM)	30,8	10,9	0,5	1,3	42,5	9,0	0,1	1,8	„ „

Nach dem Analysenbefunde schwankt der Gehalt der neun Schlackensorten an Einzelbestandteilen innerhalb folgender Grenzen:

Kieselsäure	30,8 bis 35,6 %
Tonerde	9,1 » 12,0 »
Eisen	0,3 » 0,8 »
Mangan	1,3 » 3,5 »
Kalk	35,9 » 43,4 »
Magnesia	3,7 » 10,2 »
Schwefelsäure	0,1 » 0,3 »
Sulfidschwefel	1,1 » 1,8 »
Phosphorsäure	Spuren bis 0,34 %.

2. Gewichts- und Dichtigkeitsverhältnisse (Übersicht 2).

Das Raumgewicht des Materials der Schlacken liegt zwischen 1,140 und 2,950. Das Material gleicher Schlacken ist, wie aus den Einzelwerten hervorgeht, im Raumgewicht sehr verschieden. Dieses Ergebnis ist indessen nicht überraschend, da das Gefüge der Schlacke ein und derselben Hütte, je nach den Verhältnissen, unter denen die Schlacke gewonnen, insbesondere abgekühlt wird, sehr verschieden sein kann. Rein äufserlich

Übersicht 2.

Ergebnisse der Prüfung der Schotterstoffe auf Bruchflächenbeschaffenheit, Raumgewicht und spezifisches Gewicht.

	Bezeichnung des Materials	Bruchflächenbeschaffenheit: Gefüge	Bruch	Farbe	Raumgewicht: Versuch Nr.	Raumgewicht: r	Spezifisches Gewicht s
Hochofenschlacken	I	Gleichförmig feinkristallinisch, teils schwammig-porig, teils kaum porig, fest	unregelmäſsig	grau	1	1,877	3,020
					2	2,840	
					3	2,059	
					4	2,917	
	II	Gleichförmig feinkristallinisch, teils schwammig-porig, teils kaum porig, fest	unregelmäſsig	grau	1	2,112	3,030
					2	2,883	
					3	2,022	
					4	2,629	
	III	Gleichförmig feinkristallinisch, schwach- bis starkporig, fest	unregelmäſsig	hell- bis dunkelgrau	1	2,930	3,030
					2	2,649	
					3	2,490	
					4	2,880	
	IV	Gleichförmig feinkristallinisch, schwammig-porig, fest	unregelmäſsig	grau	1	2,571	3,030
					2	2,740	
					3	2,410	
					4	2,749	
	V	Gleichförmig feinkristallinisch, schwach- bis starkporig, fest	unregelmäſsig	grau	1	2,805	2,970
					2	2,075	
					3	2,109	
					4	2,797	
	VI	Gleichförmig feinkristallinisch, schwammig-porig, fest	unregelmäſsig	grau	1	2,568	3,040
					2	2,692	
					3	2,789	
					4	2,852	
	VII	Gleichförmig feinkristallinisch, schwammig-porig, fest	unregelmäſsig	grau	1	2,027	3,060
					2	2,372	
					3	1,958	
					4	1,836	
	VIII	Gleichförmig feinkristallinisch, schwammig-porig, fest	unregelmäſsig	grau	1	2,948	3,070
					2	2,474	
					3	2,950	
					4	2,889	
	IX	Gleichförmig feinkristallinisch, teils dicht, teils blasig-porig	unregelmäſsig	grau bis dunkelgrau	1	2,904	3,140
					2	2,838	
					3	2,499	
					4	2,462	
Bruchsteine	1 Basalt	Gleichförmig feinkristallinisch, fest	unregelmäſsig scharfkantig	grau	—	2,862	2,918
	2 Grauwacke	Gleichförmig feinkristallinisch, fest	unregelmäſsig	grau	—	2,645	2,740
	3 Piesberger Kleinschlag	Gleichförmig fein- bis grobkristallinisch, fest	unregelmäſsig	grau	—	2,565	2,703
	4 Basalt	Gleichförmig feinkristallinisch, fest	muschelig	grau	—	2,938	2,941
	5 Melaphyr	Gleichförmig feinkristallinisch, fest	muschelig	dunkelgrau	—	2,616	2,740
	6 Basalt	Gleichförmig feinkristallinisch, fest	unregelmäſsig	grau	—	3,023	3,061
	7 Basalt	Kristallinisch-feinkörnig bis dicht	flachmuschelig, scharfkantig	schwarzgrau	—	3,054	3,077
	8 Granit	Kristallinisch, körnig	unregelmäſsig, rauh scharfkantig	hellgrau gesprengelt mit rostfarbigen Flecken	—	2,599	2,667

ist diese Verschiedenheit an der Gröfse und Menge der vorhandenen Poren zu erkennen.

Soweit nach dem Augenschein zu beurteilen war, enthielt die wenigsten porösen Stücke Schlacke VIII, einen etwas höheren Gehalt an solchen Stücken hatte Schlacke III, die meisten »schwammig« erscheinenden Stücke enthielt Schlacke VI, Schlacke IX zeigte etwa zur Hälfte dichte, zur Hälfte mehr oder weniger porige Stücke.

Von der Mittelbildung der Raumgewichtswerte ist wegen der grofsen Schwankungen der Einzelwerte Abstand genommen worden.

Das spezifische Gewicht war übereinstimmend bei allen Schlacken rund 3,0. Von der Berechnung des Dichtigkeitsgrades aus dem Verhältnis $\frac{\text{Raumgewicht}}{\text{spezifisches Gewicht}}$ ist wegen der starken Schwankungen in den Einzelwerten der Raumgewichte abgesehen worden.

3. Raumgewicht des Schotters (Übersicht 3).

Das Raummetergewicht des Schlackenschotters liegt im Mittel zwischen 1240 und 1450 kg, das des Bruchsteinschotters zwischen 1390 und 1520 kg.

4. Wasseraufnahme des Steinmaterials (Übersicht 4).

Die Einzelwerte der Wasseraufnahmeprüfung weisen bei den Schlacken nahezu die gleichen Abweichungen auf wie bei den natürlichen Gesteinen. Jedoch ist die Wasseraufnahmefähigkeit der Hochofenschlacke durchschnittlich höher als die der Bruchsteine. Die der Schlacke schwankt im Mittel zwischen 1,1 und 2,8 % und die der Bruchsteine zwischen 0,4 und 1,3 %.

5. Wasseraufnahme und -abgabe des Schotters (Übersicht 5).

Die Wasseraufnahme des Schlackenschotters schwankt zwischen 0,52 und 1,41 %, die des Bruchsteinschotters zwischen 0,38 und 1,18 %. Der Kies nimmt 1,82 % Wasser auf. Der nasse Schlackenschotter ist bei Lagerung an der Luft in spätestens sieben Tagen, der nasse Bruchsteinschotter in spätestens vier Tagen, der nasse Kies jedoch erst nach zwölf Tagen wieder trocken.

6. Frostbeständigkeit (Übersicht 6).

Sämtliche Proben zeigten nach abwechselndem 25maligen Gefrieren bei durchschnittlich — 15° und Auftauen im Wasser von Zimmerwärme keine sichtbaren Veränderungen. Sie erlitten auch keine Gewichtsverluste.

7. Chemische Einwirkung auf Eisen und Holz bei Lagern im Freien.

a) Vergleichende Versuche über die Einwirkung von Hochofenschlacken- und Bruchsteinschotter auf Eisen und Holz.

Befund nach sechs Monaten.

Übereinstimmend für alle Schlacken waren an den in sie eingebetteten Holzstücken keine sichtbaren Veränderungen ein-

Übersicht 3.

Ergebnisse der Prüfung des Schotters auf Raumgewicht[1]).

Art des Materials	Schotter aus Schlacke									Schotter aus		
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	Grauwacke 8	Basalt 4	Granit 8
Versuch Nr.	Gewicht für 10 l Schotter											
1	12,70	12,40	13,67	13.25	12,68	12,94	13,40	14,52	13,40	13,95	15,18	13,90
2	12,66	12,45	13,72	13,28	12,72	12,96	13,37	14,55	13,44	14.00	15,24	13,88
3	12,68	12,42	13,69	13,32	12,74	13,00	13,39	14,50	13,45	14,02	16,20	13,86
Mittel	12,68	12,42	13,69	13,28	12,71	12,97	13,39	14,52	13,43	13,99	15,24	13,88
Mittleres Gewicht für 1 l	1,270	1,240	1,370	1,330	1,270	1,300	1,400	1,450	1,340	1,400	1,520	1,390

[1]) Ermittelt am trockenen Material durch Einfüllen in das 10 l-Gefäfs.

Übersicht 4.

Ergebnisse der Prüfung auf Wasseraufnahme.

Bezeichnung des Materials	Schlacke									Bruchsteine							
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	1	2	3	4	5	6	7	8
Versuch Nr.	Wasseraufnahme in Gewichtsprozenten																
1	2,3	1,3	1,3	5,5	3,0	6,5	7,1	1,8	2,7	0,2	0,2	1,1	0,4	1,6	0,4	1,2	0,5
2	6,8	4,1	1,5	2,4	5,1	3,2	6,7	3,4	3,2	0,8	2,6	0,9	0.2	1,2	0,4	0,3	0,6
3	1,5	4,3	1,1	1,3	0,5	1,2	4,1	1,4	1,4	0,5	0,7	2,8	0,6	0,7	0,6	0,4	0,5
4	0,1	0,8	0,5	5,1	0,9	2,5	0,9	0,5	2,6	0,3	0,3	0,5	0,7	0,7	0,6	0,3	0,5
5	4,6	6,2	2,3	3,3	0,8	0,8	1,8	1,6	3,3	0,3	0,8	2,7	0,6	0,2	0,5	0,5	0,8
6	0,9	0,8	0,8	0,8	4,4	0,4	2,0	1,0	2,6	0,5	1,9	0.6	0,6	1,0	0,3	1,3	0,5
7	0,2	0,5	0,7	3,1	—[1])	2,2	0,5	2,4	2,2	0,7	0,7	0,7	0,4	0,2	0,5	0,2	0,5
8	1,0	0,3	0,9	3,7	0,9	2,1	1,1	1,9	0,5	0,3	0,5	1,5	0,5	0,2	0,3	0,2	0,5
9	1,9	0,8	0,6	2,7	—[2])	1,3	1,8	2,0	0,3	0,4	0,5	0,9	1,4	0,4	0,3	0,5	0,5
10	1,6	3,3	1,1	1,0	2,1	7,5	1,8	2,7	1,2	0.3	0,5	1,0	0,7	0,5	0,3	0,4	0,8
Mittel	2,1	2,2	1,1	2,9	1,8	2,8	2,8	1,8	2,0	0,4	0,9	1,3	0,6	0,7	0,4	0,5	0,6

[1]) Nach 24 Stunden Wasserlagerung zeigte die Probe merkliche Absandung.
[2]) Nach 94 Stunden Wasserlagerung begann die Probe zu zerrieseln. In etwa 6 Wochen war die Probe völlig zu Pulver zerfallen.

Übersicht 5.

Ergebnisse der Prüfung auf Wasseraufnahme und -abgabe.

	Material	Gewicht von 10 l Schotter (lufttrocken)	Gewicht nach 1 Stunde Wasserlagerung	Wasseraufnahme in		Gewicht in kg nach der überschriebenen Dauer der Lagerung an der Luft in Tagen												Gleichbleibendes Gewicht nach Tagen
		kg	kg	kg	%	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Hochofenschlacke	III	13,48	13,55	0,07	0,52	13,52	13,50	13,49	13,48	—	—	—	—	—	—	—	—	4
	IV	12,93	13,10	0,17	1,31	13,08	13,00	12,97	12,95	12,93	—	—	—	—	—	—	—	5
	VII	12,74	12,87	0,13	1,02	12,78	12,77	12,74	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3
	IX	12,75	12,93	0,18	1,41	12,88	12,83	12,79	12,77	12,76	—	12,75	—	—	—	—	—	7
Bruchsteine	Piesberger Kleinschlag	12,75	12,90	0,15	1,18	12,82	12,78	12,76	12,75	—	—	—	—	—	—	—	—	4
	Grauwacke	13,62	13,73	0,11	0,81	13,65	13,64	13,63	13,62	—	—	—	—	—	—	—	—	4
	Basalt	14,25	14,35	0,10	0,70	14,29	14,26	14,25	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3
	Granit	13,05	13,10	0,05	0,38	13,07	13,06	13,05	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3
	Kies (7 25 mm)	13,75	14,00	0,25	1,82	13,98	13,91	13,89	13,87	13,86	—	13,84	13,82	13,81	13,78	13,77	13,75	12

Übersicht 6.

Ergebnisse der Frostversuche.

Schlackenmaterial	Gewicht der Probestücke wassergetränkt g	nach 25-maligem Gefrieren g	Bruchsteinmaterial	Gewicht der Probestücke wassergetränkt g	nach 25-maligem Gefrieren g	Bemerkungen
I	441	442	1 Basalt	453	453	Sämtliche Proben blieben äufserlich unverändert.
II	371	372	2 Grauwacke	614	614	
III	351	351	3 Piesberger Kleinschlag	429	429	
IV	376	376	4 Basalt	360	360	
V	474	474	5 Melaphyr	253	253	
VI	439	449	6 Basalt	537	538	
VII	553	554	7 Basalt	366	366	
VIII	480	480	8 Granit	369	369	
IX	434	434	—	—	—	

getreten, während alle Eisenstäbe mit einer ziemlich starken Rostschicht überzogen waren. Auch bei den in Bruchsteinschotter gelagerten Proben zeigte das Holz keine sichtbaren Veränderungen, während die Eisen ebenfalls mit einer Rostschicht bedeckt waren, die anscheinend etwas schwächer war als bei den in Hochofenschlacke verlegten Eisen.

Befund nach einem Jahr.

Sämtliche Proben waren im Vergleich zu den Beobachtungen nach sechs Monaten in ihrem Aussehen unverändert.

Befund nach zwei Jahren.

In sämtlichen Materialien waren die Holzstücke bis auf ein etwas dunkleres Aussehen unverändert geblieben. Die Rostbildung war bei sämtlichen Eisenstäben fortgeschritten, doch bei den in Bruchstein gelagerten anscheinend nicht so stark wie bei den in Schlacke verlegten; bei letzteren begann stellenweise die Rostschicht abzublättern. Bei der Schlacke IX war die Rostbildung am stärksten.

Befund nach drei Jahren.

Beschaffenheit und Aussehen der Holz- und Eiseneinlagen wie nach zwei Jahren.

Befund nach fünf Jahren.

Beschaffenheit und Aussehen der Holzeinlagen wie nach drei Jahren. Ein wesentlicher Unterschied im Rostgrad der in Schlackenschotter liegenden Eisen gegenüber den in Bruchsteinschotter gelagerten Eisen war nicht erkennbar.

Befund nach siebeneinhalb Jahren.

Die Langholzstücke (Buche und Fichte) waren bei allen Schlacken- und Bruchsteinsorten unverändert. Die Hirnholzstücke waren mit Ausnahme derjenigen in den Schlacken III, VII und VIII, deren Hölzer nur in den äufseren Jahresringen zerstört waren, meist bis auf den Kern zerstört. Nach dem

Grade dieser Zerstörung liefsen sich die Schottersorten in folgende Gruppen einordnen, beginnend mit den am wenigsten zerstörend wirkenden Sorten.

1. Gruppe: Schlacken III, VII und VIII,
2. » : » I, II, IV und V,
3. » : » VI und IX, Bruchsteine 2,4 und 8.

Die Hölzer unter den Bruchsteinschotterproben 2,4 und 8 waren etwa ebenso stark zerstört wie die unter den Hochofenschlacken VI und IX.

Die Eisenstücke waren bei allen Proben stark angegriffen und zeigten sichtbare Fortschritte des Rostansatzes gegenüber dem Zustande nach fünf Jahren.

Soweit nach dem Augenschein beurteilt werden konnte, liefsen sich nach dem Grade des Rostansatzes folgende Gruppen in der Reihenfolge des steigenden Rostansatzes unterscheiden:

1. Gruppe: Schlacken VII, VIII, III und V,
2. » : » I, II und IV, Bruchstein 2.
3. » : » VI und IX, Bruchsteine 4 und 8.

Die Versuchsergebnisse lassen erkennen, dafs die Hochofenschlacken bei Lagerung im Freien in den ersten Jahren das Rosten der Eisen begünstigen, doch verliert sich dieser Einflufs allmählich und wird später unwirksam. Nach fünf Jahren ist der Rostansatz des Eisens bei Lagerung in Bruchstein- und in Hochofenschlackenschotter der gleiche.

b) Einwirkung von dichter Schlacke im Vergleich zu poröser Schlacke und Kies auf Eisen und Holz.

Befund nach sechs Monaten.

Die Holzstücke waren bei allen Proben unverändert. Die Eisenstücke wiesen in den dichten wie auch porösen Schlacken eine schwache, in Kies eine starke Rostschicht auf.

Befund nach einem Jahr.

An sämtlichen Proben waren keine weiteren sichtbaren Veränderungen eingetreten.

Befund nach zwei Jahren.

Die Beschaffenheit der Holzeinlagen war unverändert geblieben. Bei den porösen Schlacken waren die Flacheisen und umliegenden Schlackenstücke etwas feucht; die Rostbildung war anscheinend etwas fortgeschritten.

Bei den dichten Schlacken waren sämtliche Eiseneinlagen wie auch die umliegenden Schlackenstücke trocken. Die Rostbildung war anscheinend schwach fortgeschritten, bei den Flacheisen an der Oberseite etwas mehr als bei den Rundeisen.

Sämtliche Eiseneinlagen bei den in Kies gelagerten Proben waren ebenso wie der Kies nafs. Die Rostbildung war an den Eisenstäben weiter fortgeschritten. Im allgemeinen war der Rost an den in Kies befindlichen Proben stärker als an den anderen.

Befund nach drei Jahren.

Beschaffenheit und Aussehen der Proben wie nach zwei Jahren. Die in Kies gelagerten Eisen waren etwas stärker gerostet als die in Schlackenschotter befindlichen.

Befund nach fünf Jahren.

Bei den in Schotter aus porösen Schlackenstücken und in Kies gelagerten Holzproben war das Hirnholz stark angegriffen, das Langholz (Buche und Fichte) gut erhalten. Die Eisen waren stark angegriffen, wesentlich stärker gegenüber dem Zustande nach drei Jahren. Bei den in Schotter aus dichter Schlacke gebetteten Holzproben war das Hirnholz noch im wesentlichen leidlich, das Langholz noch gut erhalten. Der Rostansatz war im allgemeinen erheblich geringer als bei den Eisen unter poröser Schlacke und Kies.

Textabb. 7 zeigt den Zustand des Eisens bei dem Befund nach fünf Jahren. Das Versuchsergebnis beweist, dafs Schotter aus dichter und sogar auch solcher aus poröser Schlacke dem Kies hinsichtlich der Einwirkung auf das Rosten des Eisens überlegen ist.

Die Versuche unter a) wurden nach $7^1/_2$, diejenigen unter b) nach fünf Jahren abgebrochen, da die Verhältnisse

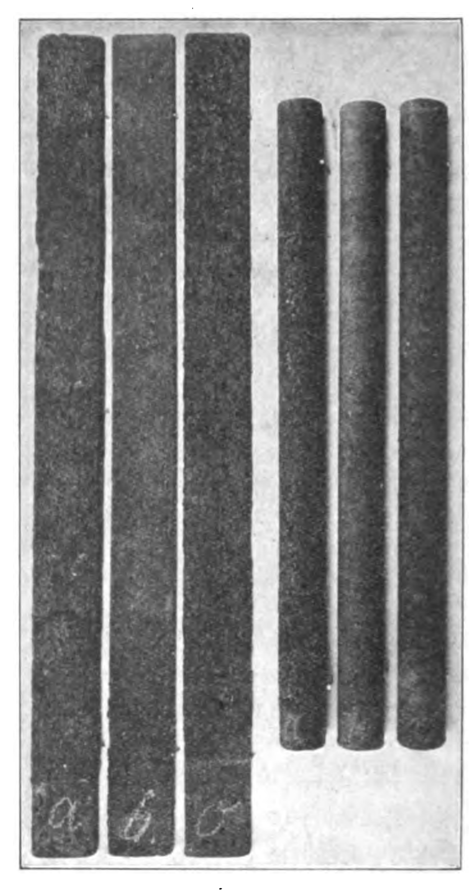


Abb. 7. Aussehen der Eisen nach fünfjähriger Lagerung im Freien.
Proben a: Bettung in poröser Schlacke.
» b: » » dichter Schlacke.
» c: » » Kies.

als genügend geklärt angesehen wurden und keine nennenswerten Aufschlufs liefernde Ergebnisse mehr zu erwarten waren.

8. Widerstandsfähigkeit gegen Zertrümmern nach Verfahren Rudeloff (Übersicht 7 und Abb. 1, 2 u. 3. Taf. 33).

Da die Wiedergabe sämtlicher Ergebnisse dieser Versuche eine Unmenge von Zahlenwerten und Übersichten bedingt hätte, die zu übersehen kaum möglich gewesen wäre, sind in Zahlenübersicht 7 nur die Ergebnisse der Versuche mit der Korngröfse von 3,2 bis 5,0 cm zusammengestellt, da diese den im Eisenbahnbau verwendeten Gröfsenabmessungen am nächsten kommt. Aus dem gleichen Grunde sind auch von den Ergebnissen der Prüfung auf Widerstandsfähigkeit gegen den Schlag mit der Stopfhacke und gegen stofsweise wirkende Druckbeanspruchung nur die der Versuche auf Zertrümmerung unter einer Schlagarbeit aufgeführt; ebenso ist die Wiedergabe der Ergebnisse der Prüfung bei gleichmäfsig gesteigerter Druckbeanspruchung auf den trockenen Zustand der Materialien beschränkt worden. Diese Einschränkungen waren umso berechtigter, als die Ergebnisse der Prüfung der verschiedenen Korngröfsen (2,3 bis 3,2, 3,2 bis 5,0 und 5,0 bis 7,5 cm) und der verschiedenen Zustände (trocken, wassersatt und ausgefroren) keine wesentlichen Unterschiede in dem Verhalten der Materialien zueinander erkennen liefsen. Zur besseren Veranschaulichung sind die Ergebnisse der Zahlenübersicht 7 in Abb. 1, 2 u. 3,

Übersicht 7.

Ergebnisse der Prüfung auf Widerstand gegen Zertrümmern nach dem Verfahren Rudeloff.
Mittel aus je zwei Versuchen.
Korngröfse des Materials vor dem Versuch: 3,2 bis 5,0 cm.
Die schräg gedruckten Zahlen sind die Rückstände zwischen je zwei Sieben.

Prüfungsart		Schlag mit der Stopfhacke Schlagarbeit 1242 mkg						Stofsweise Druckbeanspruchung Schlagarbeit 7925 mkg						Stetig gesteigerte Druckbeanspruchung bis 20 000 kg					
Art des Materials		Durchgänge in % durch die Siebe mit den überschriebenen Maschenweiten in cm																	
		5,0	3,2	2,5	1,9	1,2	0,6	5,0	3,2	2,5	1,9	1,2	0,6	5,0	3,2	2,5	1,9	1,2	0,6
Hochofenschlacke	II	100,0	24,3	22,2	18,3	14,9	10,4	100,0	36,2	31,5	28,2	25,2	20,7	100,0	68,7	66,7	54,2	42,0	29,1
		75,7	*2,1*	*3,9*	*3,4*	*4,5*		*63,8*	*4,7*	*3,3*	*3,0*	*4,5*		*31,3*	*2,0*	*12,5*	*12,2*	*12,9*	
	V	100,0	17,2	14,9	12,7	9,4	6,6	100,0	29,6	25,8	22,9	20,5	17,4	100,0	78,7	69,7	54,9	42,9	29,5
		82,8	*2,3*	*2,2*	*3,3*	*2,8*		*70,4*	*3,8*	*2,9*	*2,4*	*3,1*		*21,3*	*9,0*	*14,8*	*12,0*	*13,4*	
	VIII	100,0	26,1	20,3	13,6	10,0	6,0	100,0	30,3	24,2	18,7	15,6	11,8	100,0	66,8	55,6	47,9	33,8	18,7
		73,9	*5,8*	*6,7*	*3,6*	*4,0*		*69,7*	*6,1*	*5,5*	*3,1*	*3,8*		*33,2*	*11,2*	*7,7*	*14,1*	*15,1*	
	IX	100,0	15,1	12,7	10,4	7,7	5,2	100,0	12,2	11,5	10,4	9,1	6,8	100,0	70,5	65,0	50,1	35,8	22,9
		84,9	*2,4*	*2,3*	*2,7*	*2,5*		*87,8*	*0,7*	*1,1*	*1,3*	*2,3*		*29,5*	*5,5*	*14,9*	*14,3*	*12,9*	
Bruchstein	4 Basalt	100,0	4,0	3,5	3,0	2,5	1,8	100,0	8,5	7,1	6,6	5,7	4,5	100,0	40,3	32,5	25,6	17,4	9,8
		96,0	*0,5*	*0,5*	*0,5*	*0,7*		*91,5*	*1,4*	*0,5*	*0,9*	*1,2*		*59,7*	*7,8*	*6,9*	*8,2*	*7,6*	
	8 Granit	100,0	32,6	29,0	24,6	19,1	13,5	100,0	41,6	37,5	35,0	32,3	28,8	100,0	74,9	66,5	51,8	38,6	27,0
		67,4	*3,6*	*4,4*	*5,5*	*5,6*		*58,4*	*4,1*	*2,5*	*2,7*	*3,5*		*25,1*	*8,4*	*14,7*	*13,2*	*11,6*	

Taf. 33 zeichnerisch dargestellt, wobei als Ordinaten die jeweiligen Gesamtdurchgänge durch die Siebe und als Abszissen die dazugehörigen Korngröfsen eingetragen sind. Abb. 1, Taf. 33 stellt die Ergebnisse der Schlagversuche mit der Stopfhacke unter 1242 mkg Schlagarbeit dar, Abb. 2, Taf. 33 die Ergebnisse der Prüfung auf stofsweise wirkende Druckbeanspruchung von 7925 mkg, Abb. 3, Taf. 33 den Grad der Zertrümmerung unter dem Druck von 20 000 kg. Aus dem Verlauf der Schaulinien sind deutlich die Unterschiede in der Widerstandsfähigkeit der einzelnen Materialien gegen die genannten Beanspruchungen ersichtlich. Gleichzeitig ist auch zu erkennen, dafs die Materialien sich bei den verschiedenen Stofsbeanspruchungen untereinander gleichartig verhalten. Während der Basalt bei allen drei Prüfverfahren nach Rudeloff als am widerstandsfähigsten erscheint, erweist sich der Granit gegen stofsweise Beanspruchung als am empfindlichsten, empfindlicher als alle geprüften Schlacken. Bei einfacher Druckbeanspruchung ist der Granitschotter den Schlacken II und V überlegen. Schlacke IX verhält sich gegen Stofs besser als Schlacke VIII, gegen Druck ist jedoch Schlacke VIII widerstandsfähiger als Schlacke IX. Dasselbe gilt von den Schlacken V und II. Die Wertung der Proben als Schotter wäre nach den vorliegenden Ergebnissen, beginnend mit dem besten Material, wie folgt:

gegen Stofs:	gegen Druck:
Basalt 4	Basalt 4
Schlacke IX	Schlacke VIII
Schlacke VIII	Schlacke IX
Schlacke V	Granit 8
Schlacke II	Schlacke II
Granit 8	Schlacke V.

9. Kanten- und Stofsfestigkeit (Übersicht 8 und Abb. 4, Taf. 33).

Die Ergebnisse der Trommelversuche sind in Zahlenübersicht 8 und schauzeichnerisch in Abb. 4, Taf. 33*) wiedergegeben. Auch hier ist das unterschiedliche Verhalten der einzelnen Materialien gut zu ersehen. Die Ergebnisse lassen

Übersicht 8.

Ergebnisse der Trommelversuche.

	Bezeichnung des Materials	Rückstand in % zwischen den Sieben mit cm Maschenweite				Maschen auf 1 qcm			
		— 2,5	1,5	0,7		4	16	60	120 —
Hochofenschlacke	I	69,5	13,1	1,0	0,1	0,0	0,1	0,1	16,1
	II	75,2	7,8	0,5	0,1	0,1	0,1	0,0	16,2
	III	74,9	12,8	1,0	0,1	0,1	0,0	0,0	11,1
	IV	79,2	6,1	0,6	0,0	0,1	0,0	0,1	13,9
	V	77,7	7,6	1,4	0,1	0,1	0,1	0,1	12,9
	VI	70,5	13,7	2,1	0,2	0,4	0,1	0,1	12,9
	VII	77,3	9,5	2,1	0,1	0,1	0,1	0,1	10,7
	VIII	66,1	21,3	2,4	0,3	0,2	0,1	0,1	9,5
	IX	80,6	10,3	0,8	0,1	0,1	0,0	0,0	8,1
Bruchsteine	1	77,5	12,9	1,6	0,1	0,1	0,1	0,0	7,7
	2	65,4	16,3	2,8	0,2	0,2	0,1	0,1	14,9
	3	76,0	12,3	1,2	0,1	0,1	0,0	0,1	10,2
	4	88,7	6,3	0,9	0,1	0,0	0,0	0,1	3,9
	5	77,5	12,9	2,0	0,1	0,2	0,0	0,1	7,2
	6	85,9	8,9	0,5	0,1	0,0	0,1	0,1	4,4
	7	85,2	8,6	1,3	0,1	0,2	0,1	0,1	4,4
	8	69,3	10,0	1,4	0,1	0,1	0,2	0,4	18,5

sich für den Hochofenschlackenschotter in bezug auf den Schotter aus natürlichen Gesteinen wie folgt zusammenfassen: Schlacke IX entspricht in ihrem Verhalten beim Kollern in der Trommel dem geprüften Melaphyr und Basalt mittlerer Festigkeit, die Schlacken VIII, VII und III entsprechen dem Piesberger Kleinschlag. Die Schlacken IV, V und VI sind der geprüften Grauwacke überlegen, während die Schlacken I und II ihr gleichwertig sind; alle untersuchten Schlacken sind jedoch in ihrem Verhalten bei der Beanspruchung auf Kanten- und Stofs-

*) In der Abbildung ist, um diese nicht zu umfangreich zu gestalten, von der Auftragung der Siebdurchgänge der Körnungen über 2,5 cm abgesehen worden, zumal auch die Fortführung der Schaulinien für die Bewertung der Ergebnisse bedeutungslos gewesen wäre.

festigkeit dem Granit überlegen. Bei den Trommelversuchen ergibt sich ein gleiches Verhalten der Materialien untereinander wie bei den Versuchen auf Widerstandsfähigkeit gegen den Schlag mit der Stopfhacke und die stofsweise Druckbeanspruchung nach Verfahren Rudeloff.

Auf Grund der vorstehend besprochenen Versuchsergebnisse sind von der Kommission zur Untersuchung der Verwendbarkeit von Hochofenschlacke »Richtlinien für die Herstellung und Lieferung von Hochofenschlacke zur Verwendung als Gleisbettungsstoff« aufgestellt worden, deren Entwurf in der Sitzung des Ausschusses vom 23. Februar 1921 genehmigt wurde. Diese »Richtlinien« fassen die für die Erzeugung und die Abnahme im Hinblick auf den besonderen Verwendungszweck zu stellenden Bedingungen in klarer und leicht anwendbarer Form zusammen. Der Reichsverkehrsminister hat mit Erlafs vom 5. Oktober 1922 verfügt, die ihm vom Ausschufs vorgelegten »Richtlinien« als Lieferungsgrundlage bei der Reichsbahn zu verwenden. Die in den »Richtlinien« enthaltenen Gütebestimmungen seien nachstehend wiedergegeben:

1. Der Kleinschlag mufs aus raum- und wetterbeständiger Schlacke von möglichst gleichmäfsigem und dicht aussehendem Gefüge bestehen. Schlacken, die ein stark blasiges, schaumiges und glasiges Gefüge haben, sind von der Abnahme auszuschliefsen.

2. Der Kleinschlag soll möglichst würfelförmig und scharfkantig sein.

3. Die Korngröfse, an den Kantenlängen gemessen, darf nicht unter 3 und nicht über 6 cm betragen.

4. Der Gehalt der Schlacke an Stücken mit glasigem Gefüge darf nicht mehr als 5 v. H. nach Raumteilen betragen.

5. Die Wasseraufnahme der Schlacke darf höchstens 3 v. H. des Gewichts betragen; nach einer Lagerung von fünf Tagen an der Luft in einem überdeckten Raume von Zimmerwärme (18 bis 20°) mufs wieder ein gleichbleibendes Gewicht erreicht sein.

6. Bei achttägiger Lagerung des Kleinschlags in Wasser dürfen höchstens 8 v. H. zerfallen bzw. zerrieseln.

7. Die Druckfestigkeit, ermittelt an aus der Schlacke herausgeschnittenen Würfeln (trocken), mufs mindestens 1200 kg/cm² betragen.

8. Die Kanten- und Stofsfestigkeit des Kleinschlags aus Hochofenschlacke ist an der Abnutzung (Durchgang durch das 7 mm-Sieb) zu messen, die höchstens 20 v. H. des Gewichtes betragen darf. Im Streitfalle ist das schärfere, gleichartige Verfahren mit je fünf aus der Schlacke geschnittenen Würfeln von je 4 cm Kantenlänge anzuwenden. Hierbei darf die Abnutzung höchstens 10 v. H. des Gewichtes betragen. Das Ergebnis dieser Feststellung ist dann für die endgültige Beurteilung mafsgebend.

9. Das Raummetergewicht für Kleinschlag aus Hochofenschlacke ist für jede Lieferung amtlich festzustellen, es darf 1250 kg für 1 m³ nicht unterschreiten.

Wie hieraus ersichtlich, beschränken sich die »Richtlinien« auf Forderungen in bezug auf Gefüge, Gestalt des Schotters (würfelförmig und scharfkantig), Korngröfse, Gehalt an glasigen Stücken, Wasseraufnahme, Verhalten in Wasser, Druckfestigkeit, Kanten- und Stofsfestigkeit und Raummetergewicht.

Auf die Widerstandsfähigkeit des Schotters gegenüber den Beanspruchungen in der Praxis (Schwellendruck usw.) ist in den Richtlinien nicht in vollem Mafse Rücksicht genommen worden, obgleich es wünschenswert ist, dafs auch bezüglich dieser Eigenschaft weitere Forderungen gestellt werden. Der beschriebene Druckversuch von Rudeloff ist geeignet, diesem Bedürfnis Rechnung zu tragen. Diese Prüfart ist um so zweckmäfsiger, als hierbei auf die unter Umständen mit vielen Schwierigkeiten und Weitläufigkeiten verbundene Feststellung der Druckfestigkeit an Würfeln verzichtet werden könnte. Das Schneiden von Würfeln stöfst in der Praxis insofern auf Schwierigkeiten, als das Material stets als Schotter angeliefert wird, aus dem sich geeignete Versuchsstücke meist gar nicht oder nur mit grofsem Arbeits- und Kostenaufwand herausschneiden lassen. Es können auch Fälle eintreten, in denen der Lieferung einzelne grofse Stücke beigefügt sind, die eine grofse Dichtigkeit und Druckfestigkeit aufweisen, während in dem angelieferten Schotter selbst viele porige und weniger feste Stücke enthalten sind. Aufser dem Vorteil, dafs durch die Einführung der Druckprüfung nach dem Verfahren Rudeloff diese Unsicherheit beseitigt wird, besteht noch der grofse Vorzug, dafs das Material nicht als Stoffprobe, sondern als fertiger Baustoff geprüft wird, im Ergebnis der Prüfung also auch der Form des Schotterstückes Rechnung getragen wird. Ein mehr plattiges Schotterstück, das als Oberbaumaterial weniger geeignet ist, wird wegen seiner scharfen Kanten geringere Widerstandsfähigkeit besitzen als ein kubisches mit nahezu rechten Winkeln. Bei der Festsetzung einer zulässigen Höchstgrenze für den Grad der Zertrümmerung nach dem Druckversuch von Rudeloff würden somit die mehr plattigen Schotterstücke als Ausgleich für die ungünstigere Form höhere Festigkeiten aufzuweisen haben als die kubisch gestalteten, um den gestellten Anforderungen zu entsprechen.

Um die zulässige Grenze der Zertrümmerung nach dem Verfahren Rudeloff zu ermitteln, haben die Verfasser Versuche nach dieser Richtung mit den Schlacken II, VIII und IX und vergleichsweise mit natürlichen Gesteinen von bekannter Druckfestigkeit durchgeführt. Das Korn der verwendeten Schotterstoffe lag zwischen 3 und 6 cm. Als Vergleichsmaterial dienten:

Granit mit . . . . . $\sigma_b = 2840$ kg/cm²
Grauwacke mit . . . . $\sigma_b = 3010$ »
Trachyt mit . . . . . $\sigma_b = 1360$ »

mittlerer Druckfestigkeit.

Die Proben wurden entsprechend den früheren Versuchen mit 20000 kg gedrückt und der Grad der Zertrümmerung durch die Siebanalyse festgestellt. Die Ergebnisse sind in Übersicht 9 enthalten und in Abb. 5, Taf. 33 zeichnerisch

Übersicht 9.

Ergebnisse der Druckversuche nach dem Verfahren Rudeloff.

Mittel aus je drei Versuchen.

Korngröfse des Materials vor dem Versuch: 3,0 bis 6,0 cm.

Die schräg gedruckten Zahlen sind die Rückstände zwischen je zwei Sieben.

Art des Materials		Durchgänge in % durch die Siebe bei den überschriebenen Maschenweiten in cm					
		6,0	3,0	2,5	2,0	1,0	0,5
Hochofenschlacke	II	100,0	80,6	70,7	60,0	43,2	34,4
Hochofenschlacke			*19,4*	*9,9*	*10,7*	*16,8*	*8,8*
Hochofenschlacke	VIII	100,0	76,4	66,2	51,4	32,7	23,1
Hochofenschlacke			*23,6*	*10,2*	*14,8*	*18,7*	*9,6*
Hochofenschlacke	IX	100,0	80,6	71,0	57,5	39,0	30,2
Hochofenschlacke			*19,4*	*9,6*	*13,5*	*18,5*	*8,8*
Bruchsteine	Granit ($\sigma_b = 2840$ kg/cm²)	100,0	79,2	64,7	50,9	29,6	18,9
Bruchsteine			*20,8*	*14,5*	*13,8*	*21,3*	*10,7*
Bruchsteine	Grauwacke ($\sigma_b = 3010$ kg/cm²)	100,0	68,3	56,2	44,0	24,9	14,6
Bruchsteine			*31,7*	*12,1*	*12,2*	*19,1*	*10,3*
Bruchsteine	Trachyt ($\sigma_b = 1360$ kg/cm²)	100,0	85,5	77,7	67,1	46,3	30,7
Bruchsteine			*14,5*	*7,8*	*10,6*	*20,8*	*15,6*

dargestellt. Da gemäfs den Richtlinien für Hochofenschlackenschotter wie auch für Schotter aus Naturgestein eine Mindestdruckfestigkeit von 1200 kg/cm² vorgeschrieben ist, so würde der Trachyt in bezug auf Druckfestigkeit den Anforderungen an Schotter noch genügen.

Wie aus den Werten in Übersicht 9 ersichtlich ist, schwankt der Durchgang durch das 5 mm-Sieb für die drei Schlackensorten zwischen 23,1 und 34,4% und für die drei Bruchsteinsorten zwischen 14,6 und 30,7%. Nach den oben besprochenen Ergebnissen der im Auftrage des Ausschusses für Hochofenschlacke ausgeführten Druckversuche (Übersicht 7) liegt der Durchgang durch das 6 mm-Sieb für die vier geprüften Schlackensorten zwischen 18,7 und 29,5% und beträgt für die beiden Bruchsteinsorten (Basalt und Granit) 9,8 und 27,0%. Nach diesem Befunde würde man, wenn man für die Beurteilung des Grades der Widerstandsfähigkeit von Schotter gegen allmählich gesteigerten Druck (Schwellendruck) den Durchgang durch das 5 oder 6 mm-Sieb als mafsgebend erachtet, 30 bzw. 35% Durchgang noch als zulässigen Wert für den Grad der Zertrümmerung gelten lassen können. Legt man jedoch dieser Beurteilung den Durchgang durch das 7 mm-Sieb zugrunde, wie es in den Richtlinien für Gleisbettungsstoffe bei der Trommelprobe geschieht, so könnte man einen etwas gröfseren Durchgang zulassen, und zwar glauben die Verfasser auf Grund der vorliegenden Versuchsergebnisse als höchst zulässiges Mafs für die Zertrümmerung beim Druckversuch einen Durchgang von 40% durch das 7 mm-Sieb vorschlagen zu können*).

*) Bei Anwendung gelochter Siebe mit Löchern von 5, 6 oder 7 mm Durchmesser müfste natürlich der zulässige Durchgang entsprechend geringer bemessen werden, und zwar für das
5 mm Sieb zu 20%
6 „ „ „ 25 „
7 „ „ „ 30 „.

Nach dem heutigen Stande der Materialprüfung, die durch ihre Versuchsverfahren lediglich die Stoffeigenschaften zu ergründen sucht unter bewufster Ablehnung der Nachahmung der Betriebsverhältnisse, sind die beiden anderen Verfahren von Rudeloff, Bestimmung des Widerstandes gegen stofsweise wirkende Druckbeanspruchung und gegen Schlag mit der Stopfhacke, als überholt anzusehen, abgesehen davon, dafs sie aufserdem umständlich und zeitraubend sind. Ein sicheres und brauchbares Mittel zur Feststellung der Widerstandsfähigkeit gegen Stofs ist in der Trommelprobe gegeben, die auch Eingang in die »Richtlinien« gefunden hat. Einer anderen Prüfart zur Ermittlung der Kanten- und Stofsfestigkeit wie etwa des von verschiedenen Seiten für diesen Zweck vorgeschlagenen, in Frankreich eingeführten Verfahrens Deval, dessen Ausführungsweise als bekannt vorausgesetzt wird, bedarf es nach Ansicht der Verfasser nicht, da das Ergebnis der Trommelprobe eine völlig ausreichende Beurteilung des Widerstandes von Schotter gegen Stöfse, sowie gegen die abnutzende Wirkung durch Schläge gestattet.

Die Trommelprobe wird sogar in diesem Falle für geeigneter gehalten als die Devalprobe, weil sie als Prüfeinrichtung eine Trommel mit wellenförmig gestaltetem Mantel benutzt, wodurch eine stärkere Beanspruchung des Schotters bewirkt wird als in der Devaltrommel, die mit einem zylindrischen Mantel versehen ist.

Das über die Richtlinien für Gleisbettungsstoffe Gesagte gilt auch für die vom Ausschufs für Untersuchung von Hochofenschlacke zur Aufstellung in Aussicht genommenen »Richtlinien für die Herstellung und Lieferung von Hochofenschlacke als Strafsenbaustoff«, da die Anforderungen, die unter praktischen Verhältnissen an das Material gestellt werden, in beiden Fällen nahezu die gleichen sind. Auch hier dürften der Druckversuch nach dem Verfahren Rudeloff und der Trommelversuch eine wertvolle Ergänzung der Prüfungsbestimmungen in den genannten Richtlinien bilden.

Zulassung von Kreuzungen bei Gleisentwicklungen.

Von Dr. Ing. W. Cauer, Geh. Baurat, Professor, Berlin.

In seinem Aufsatze: »Über die schienenfreien Gleisentwicklungen«*) in Heft 5 des Organs 1927 setzt Herr Reichsbahnrat Dr. Ing. Bäseler, München, einen Meinungsaustausch fort, der sich bisher in der Verkehrstechnischen Woche abgespielt hat, und dessen Vorgang zwei Aufsätze des Herrn Bäseler in der Zeitung des V. d. E. V. bildeten. (Vergl. die Lit.-Angaben in der Fufsnote zu dem Bäselerschen Aufsatz auf S. 73 des Organs 1927). Da nicht bei allen Lesern des Organs vorauszusetzen ist, dafs sie meine früheren Äufserungen in der V. W. gelesen haben, bin ich leider genötigt, nochmals zu erwidern, will mich aber in der Hauptsache auf den Kern der Streitfrage beschränken.

Bei den Bäselerschen Vorschlägen handelt es sich um zweierlei: Erstens will er bei kreuzungsfreier Gleisabzweigung von einer zweigleisigen Eisenbahn grundsätzlich dadurch die Entwicklung verbessern, dafs er die Abzweigungsweiche in die Nachbarschaft der Gleisüberwerfung des einen abzweigenden Gleises mit dem anderen Stammgleis legt, weshalb er den beiden Stammgleisen an dieser Stelle eine um solches Mafs verschiedene Höhenlage gibt, wie es für die Gleisüberwerfung ausreicht. Zweitens aber schlägt er vor, in solchen Fällen, wo von zwei oder mehreren Gleispaaren andere Gleise abzweigen, die Stammgleise in zwei Scharen abwechselnd hoch und tief zu legen. Die von den Stammgleisen der einen Schar abzweigenden Gleise gehen dann ohne weiteres kreuzungsfrei über oder unter den Gleisen der anderen Schar hinweg. Dagegen kreuzen sie mit Stammgleisen der gleichen Schar, d. h. in der Regel mit in gleicher Richtung befahrenen Gleisen.

Hinsichtlich des ersten Vorschlages liegt keine wesentliche Meinungsverschiedenheit vor. Solche gedrungenen Lösungen sind auch früher schon in geeigneten Fällen mit Vorteil verwendet worden. Wenn Herr Bäseler jetzt den Eindruck, dafs er sein Verfahren als das Regelverfahren der Zukunft hinstellen wollte, dahin richtig stellt, er habe nur eine neue Regel

*) Den Ausdruck „Schienenfreie Gleisentwicklung“, den ich früher selbst versehentlich gebraucht habe, hatte ich (V. W. 1926, S. 334, Fufsnote 1) bemängelt, weil Gleise stets aus Schienen hergestellt werden, also nicht schienenfrei sein können. Herr Bäseler gibt dies zu, ist aber durch die von mir angewandte Bezeichnung „Kreuzungsfreie Gleisentwicklung“ noch weniger befriedigt. Man brauche die Kreuzung unvermeidlich als Hauptbegriff, wenn man zwischen überflüfsigen und notwendigen unterscheiden wolle, oder zwischen schienenfreien und schienengleichen. Darauf ist zu erwidern, dafs Kreuzung (Kreuzen) allerdings mehrere Bedeutungen hat. Aber die schafft Herr Bäseler durch seine Bezeichnungsweise auch nicht fort. In den Begriffen: Spaltungskreuzung, Trennungskreuzung, Kreuzungen von Zugfahrten, Einfahrtkreuzungen, Kreuzungen von Umstellfahrten mit Zugfahrten usw., wie solche Herr Bäseler auch gelegentlich angewandt hat, bedeutet Kreuzung überall das gegenseitige Durchschneiden in Schienenhöhe. Dazu bildet das, was Herr Bäseler „schienenfreie Gleisentwicklung“ nennt, den Gegensatz, der also folgerichtig mit dem Worte „kreuzungsfrei“ bezeichnet wird, während „schienenfrei“ hier nicht nur, wie oben bemerkt, widersinnig ist, sondern auch die erwünschte Betonung des Gegensatzes unterläfst und so der Ausdrucksschärfe entbehrt. In der zweiten Auflage meines Buches „Personenbahnhöfe“ bin ich gerade durch das Streben nach Schärfe des Ausdrucks dazu gekommen, überall das Wort „kreuzungsfrei“ zu verwenden. Ich glaube nicht, dafs der Leser daran Anstofs nehmen wird, wenn daneben im Bedarfsfalle von einem Kreuzungsbahnhof, von der Kreuzung des Verlaufs zweier Eisenbahnen (im weiteren Sinne des Wortes Kreuzung) die Rede ist. Übrigens sind Herrn Bäselers „schienenfreie Gleisentwicklungen“ nicht ganz kreuzungsfrei.

neben den vorhandenen älteren aufstellen wollen*), so erübrigt sich ein nochmaliges Eingehen auf diesen Punkt.

Hinsichtlich des zweiten Vorschlages habe ich die gegenseitigen Kreuzungen von in gleicher Richtung befahrenen Hauptgleisen in der von Herrn Bäseler vorgeschlagenen Anordnung für betriebshemmend und betriebsgefährlich erklärt, und diesen Vorschlag, der tatsächlich neu und, soweit bekannt, Herrn Bäselers geistiges Eigentum ist, grundsätzlich abgelehnt**). Insbesondere habe ich an Hand der von Herrn Bäseler in Abb. 2 auf S. 75 der V. W. 1926 gegebenen Verdeutlichung seiner Absicht (jetzt in Abb. 3, Tafel 11, Heft 5 des Organs leider sehr unklar wiedergegeben und ergänzt) folgendes bemerkt (V. W. S. 335, 1926): »Wenn von einer einem Personenbahnhofe zulaufenden zweigleisigen Eisenbahn vor ihrem Einlauf in den Personenbahnhof Gütergleise abzweigen, um in einen von dem Personenbahnhof nach der Strecke zu vorgeschobenen Umstellbahnhof oder Güterbahnhof einzutreten, so entsteht dort, sofern die sicherungstechnische Lösung einwandfrei getroffen wird, eine Blockstelle mit Abzweigung, bei der die Güterzüge in den Umstell- oder Güterbahnhof eintreten und in entgegengesetzter Richtung aus dem Umstell- usw. Bahnhof auf die freie Strecke gelangen, während die Personenzüge in beiden Richtungen, d. h. sowohl auf ihrem Wege nach wie von dem Personenbahnhof, auf der freien Strecke verbleiben. Ebenso ist es in dem von Herrn Bäseler in Bild 2 auf S. 75 der V. W. dargestellten Falle, dafs von zwei neben einander einem Personenbahnhofe zulaufenden zweigleisigen Eisenbahnen vorher Ein- und Ausfahrgleise eines vom Personenbahnhof nach der Strecke zu vorgeschobenen Umstellbahnhofs abzweigen. Herr Dr. Bäseler betont nun, dafs die Einfahrsignale des Umstellbahnhofs aufserhalb der Abzweigungsweichen stehen und folgert daraus, dafs diese innerhalb des (Umstell-) Bahnhofs lägen. Hieraus wieder schliefst er, dafs es unbedenklich ist, an dieser Stelle auch Kreuzungen der Personenhauptgleise mit den gleichgerichteten Güterhauptgleisen je der anderen der beiden Eisenbahnen zuzulassen, da nach B. O. § 13 Kreuzungen von Hauptbahnen nur aufserhalb der Einfahrsignale der Bahnhöfe verboten seien. Hier liegt in der Tat ein Irrtum vor. Die betreffende Stelle befindet sich allerdings innerhalb der Einfahrsignale des Umstellbahnhofs, aber für die Personenzüge zwar unter Deckung der einflügligen Blocksignale, aber doch auf freier Strecke, an der die Personenzüge, wenn nicht sonstige Gründe dies verhindern, die volle Streckengeschwindigkeit haben«.

*) Auf S. 74, Sp. 2 der V. W. 1926 heifst es: „Was ist ein Bahnhof in der jetzigen Form, wenn wir diesen Mafsstab anlegen? Bedenkt man den vielen verlorenen Platz, den die Weichen und Zwischengleisstücke einnehmen, und die grofsen inneren Bewegungshemmungen, die die Zwangläufigkeit der Schienenführung bewirkt, so kann man erwidern: „Ein grofser Raum, auf dem wenig ist (nämlich wenig nutzbares) und noch weniger geschieht. Die üblichen Gleisentwicklungen setzen dem die Krone auf.“ Auf derselben Seite, Sp. 1 will er seine Entwicklungen sogar auf den ganz anders gearteten Fall des Bahnhofs Darmstadt anwenden, und sagt bezüglich des Geländebedarfs: „Ich glaube allerdings, dafs die zügige Form, die meine Entwicklungen ergeben, sie in dieser Hinsicht in den meisten Fällen sehr überlegen macht“. Wer diese und andere ähnliche Äufserungen in den früheren Bäselerschen Aufsätzen in Betracht zieht, wird mit mir von der jetzigen Einschränkung seiner früheren Ansprüche befriedigt sein. Wenn er jetzt sagt, seine Ausführungen wendeten sich gerade gegen eine gewisse Übung, die nach Ausweis der Handbücher und der Praxis Gefahr laufe, ein Schema zu werden, so ist das vortreffliche Odersche Handbuch der Ingenieurwissenschaften bekannt durch sein verständnisvolles Eingehen auf die Betriebsbedürfnisse jedes einzelnen Falles. Ferner würde ein Blick in mein Buch Personenbahnhöfe Herrn Bäseler gezeigt haben, dafs er als Gegner des Schematismus in mir einen Bundesgenossen hat.

**) Ich habe aber (V. W. S. 335, 1926 Fufsnote 2 und S. 336, 1926) ausdrücklich hervorgehoben, dafs die grundsätzliche Ablehnung nicht ausschliefst, dafs man sich im Notfalle, namentlich, wo man durch vorhandene mangelhafte Anlagen gebunden ist, zu solcher Anordnung als dem kleineren Übel entschliefsen kann. Ob das für den Fall Pasing zutrifft, darüber bin ich gern bereit, mich mit Herrn Bäseler gelegentlich persönlich an Hand des Planes auseinanderzusetzen. Hier würde es zu weit führen.

Hierüber äufsert nun Herr Dr. Ing. Bäseler sein Erstaunen. Die Signale, die ich als Signale einer Blockstelle mit Abzweigung aufgefafst habe, »sollten selbstverständlich auch für den Personenbahnhof Einfahrsignale sein«. Herr Bäseler sagt dann weiter, dafs namentlich von den Fachgenossen, die amtlich mit diesen Fragen zu tun haben, alle die er befragt habe, die Ausführungen in seinem Sinne aufgefafst haben. Meinerseits liege also ein grofses Mifsverständnis vor.

Nun bitte ich die Leser des Organs sich die in Abb. 3, Taf. 11 wiedergegebene frühere Abbildung der V. W. anzusehen, in der Herr Bäseler die in der früheren Abbildung allein dargestellte Gleisabzweigung durch Angabe des weiteren Verlaufs des Umstellbahnhofs nach links hin und durch Einzeichnung der Lage der Bahnsteiggleise ergänzt hat. Ich konnte allerdings nach der früheren Skizze nicht voraussetzen, dafs der Umstellbahnhof auf der Gegenseite des Personenbahnhofs, dicht an ihn grenzend, also in besonders teuerem Gelände und ohne Möglichkeit, einen Ortsgüterbahnhof dazwischen zu schieben, angelegt werden sollte. Würde aber bei Parallellage des Umstellbahnhofs auf der Gegenseite des Personenbahnhofs, wie üblich, zwischen beiden ein gröfserer Abstand gewahrt, so rückte natürlich die Abzweigstelle weiter vom Personenbahnhof ab, noch mehr, wenn man, wie dies häufig ausgeführt ist, den Umstellbahnhof in ganzer Länge gegen den Personenbahnhof nach der Strecke zu hinausschiebt. Aber auch wenn ein so unwirklicher Bahnhof, wie Herr Bäseler ihn in Abb. 3, Taf. 11 ergänzt hat, vorauszusetzen war, so ist doch auch hier der Umstellbahnhof, wie ich es angenommen hatte, gegen den Personenbahnhof nach der Strecke zu vorgeschoben, und zwar so weit, dafs die Einfahrsignale des Umstellbahnhofs, wie Herr Bäseler selbst anführt, 700 m von den Anfängen der Bahnsteige entfernt stehen. Das aber ist eine Entfernung, bei der man, »sofern die sicherungstechnische Lösung einwandfrei getroffen wird«, das hatte ich ausdrücklich vorausgesetzt, auf den Personenhauptgleisen eine Blockstrecke zwischen die Abzweigstelle und die erheblich näher an die Bahnsteige heranzurückenden Einfahrsignale des Personenbahnhofs einschalten wird. Die Blockstrecke wird dabei für Personenzüge ausreichend lang. Die von Herrn Bäseler als »selbstverständlich« vorausgesetzte Lösung, bei der die die Abzweigung der Hauptgütergleise deckenden Signale zugleich Einfahrsignale des Personenbahnhofs sind, würde die Anlage sicherungstechnisch unübersichtlich machen, die Zugfolge verlangsamen und so die Leistung von Bahnhof und Strecke herabsetzen.

Aber Herr Bäseler gibt selbst zu, dafs die Abb. 3, Taf. 11 eine nicht durchgearbeitete Skizze ist. Um eine deutliche Anschauung von dem zu geben, was gemeint ist, hat er in Abb. 4 a und b, Taf. 11 und Abb. 1a bis e Taf. 12 einen beiderseitig (soll heifsen in ganzer Länge, nicht nur für das eine Ende) nach seinen Vorschlägen entwickelten Bahnhof vollständig und mafsstäblich durchgezeichnet (Entwurf I).

Zunächst ist hier bemerkenswert, dafs bei diesem Entwurfe auf der Gegenseite des Personenbahnhofs nicht, wie in den früheren Veröffentlichungen, ein Umstellbahnhof, sondern ein Ortsgüterbahnhof angeordnet ist. Dessen Länge ist natürlich viel geringer. Wenn man die Mehrlänge eines Umstellbahnhofs gegenüber den Bahnsteiggleisen eines Personenbahnhofs doch mindestens auf 2,5 km schätzen kann, ich also Herrn Bäselers Auffassung weit entgegengekommen bin, wenn ich ihm zugab, dafs hiervon am einen Ende nur 700 m liegen (am anderen Ende also dann mindestens 1800 m; soll da auch keine Blockstrecke zwischengeschaltet werden?), so rücken hier an beiden Enden die Abzweigungen so nahe heran, wie es die Gleisentwicklung möglich macht. Aber auch so, d. h., wenn der Umstellbahnhof durch einen Ortsgüterbahnhof ersetzt wird, hat Herr Bäseler die geringe Länge von 1700 m zwischen den an beiden Enden befindlichen Abzweigungssignalen für den Güterverkehr (zugleich Einfahrsignale für den Personenbahnhof)

nur dadurch erreicht, dafs die Gütereinfahrgleise der einen Hauptrichtung durch den ganzen Bahnhof in Hochlage durchgeführt sind. Man sehe sich diesen Entwurf eines »Bahnhofs als Höhenbauwerk« *) einmal näher an. Die Umstellbewegungen zwischen zweien der Hauptgütergleise und den Aufstell- und Ladegleisen haben mittels Ausziehens in etwa halbhochliegende Ausziehgleise, 6,0 m und mehr Höhenunterschied zu überwinden und erhebliche Wege zurückzulegen. Das Gesamtgebilde des Bahnhofs ist durch den zwischen Personen- und Güterbahnhof errichteten Damm nicht nur unübersichtlich, sondern bei dieser Anordnung fehlt es auch an geeigneten Querverbindungen, um Umstellbewegungen von der einen zur anderen Seite vorzunehmen. Solche erfordern vielmehr mehrmaliges, weit ausholendes Hin- und Her-Sägen. Dies gilt z. B. für die wichtigen Umstellbewegungen zwischen der (übrigens unglücklich angeschlossenen) Eilgutanlage und dem Ortsgüterbahnhof; ebenso für Lokomotivbewegungen, sei es von einer Bahnhofsseite zur anderen, sei es nach und von dem Lokomotivschuppen, der in der Abbildung nicht angegeben ist, für den aber bei der getroffenen Gesamtanordnung ein günstiger Platz kaum zu finden sein wird. Etwaige künftige Bahnhofsumgestaltungen werden bei diesem Höhenbauwerk auf grofse Schwierigkeiten stofsen. Einen die Betriebsbedürfnisse (vergl. wegen dieser auch Luegers Lexikon der gesamten Technik, 3. Aufl. Bd. 1, S. 382 und Abb. 10) derart vernachlässigenden Bahnhofsentwurf konnte ich doch, abgesehen davon, dafs ein Ortsgüterbahnhof kein Umstellbahnhof ist, unmöglich als von Herrn Bäseler gedacht voraussetzen. Aber auch bei diesem Bahnhof beträgt, wie Herr Bäseler anführt, der Abstand von den Abzweigungssignalen bis zu den Bahnsteigen rund 700 m, so dafs auch hier, wenn solcher Bahnhof überhaupt für die Ausführung in Betracht käme, die Zwischenschaltung von Blockstrecken angezeigt wäre. Herrn Bäseler sind wegen der hoch liegenden Gütergleise übrigens selbst Bedenken gekommen. Er sagt: »Da das immerhin für manche Zwecke hinderlich sein mag, ist in Abb. 5, Taf. 11 ein Bahnhofflügel gezeichnet, bei dem auch die Gütergleise beider Richtungen auf eine Höhenlage zusammengeführt sind«. Hierbei wird natürlich, zumal wenn annehmbare Neigungen angewandt werden, die Länge zwischen Abzweigungssignalen und Bahnsteigbeginn gröfser. Nach Bäseler »kommen auch dann keine Längen heraus, die es verhindern würden, die Entwicklung unter den Schutz der Einfahrsignale zu legen.« Ist denn das etwa erwünscht? Nach meiner Auffassung kommen dann im Gegenteil erst recht Längen heraus, die es ermöglichen, statt der ungünstigen, von Herrn Bäseler angestrebten Signalanordnung, eine Blockstrecke zwischenzuschalten. Aber selbst wenn man die unzweckmäfsige Anordnung treffen wollte, die Einfahrsignale des Personenbahnhofs auf 700 m oder mehr vom Bahnsteigbeginn abzurücken, so würden doch die Züge an dieser Stelle wegen der den Lokomotivführern bekannten Örtlichkeit noch eine hohe Geschwindigkeit besitzen. Die Gefahren eines Zusammenstofses zweier in der Einfahrt kreuzenden Züge, eines Personen- und eines Güterzuges, blieben auch trotz der formell im Bahnhof liegenden Kreuzung erheblich **).

*) Wenn Herr Bäseler anscheinend für sich in Anspruch nimmt, die Raumvorstellung in das Entwerfen von Bahnhöfen eingeführt zu haben, so ist zu betonen, dafs selbstverständlich von jeher eine gute Raumvorstellung Vorbedingung für jedes Entwerfen von grossen Bahnhofsanlagen ist. Und zwar mufs verlangt werden, und wird so von meinen Schülern verlangt, dafs die Raumvorstellung lediglich an Hand der Höhenzahlen und Neigungszeiger des Lageplans zustande kommt.

**) Meiner Äufserung gegenüber, er habe einen schnellfahrenden Zug mit einer Schutzweiche von 190 m Halbmesser ablenken wollen, betont Herr Bäseler (Organ 1927, S. 76), man könne heute mit Steilweichen bei 1:9 leicht 500 m Halbmesser erzielen. Auf seiner Abb. 2, V. W. 1926, S. 75 wurde der Schnellzug mit einer doppelten Kreuzungsweiche abgelenkt, was die jetzt von ihm für seine Beweisführung angegebene Abb 6a auf Taf. 11 nicht wiedergibt. Er hat nun trotzdem insofern recht, als durch Verwendung einer ungewöhnlichen Gleis- und Weichenanordnung auch bei einer doppelten Kreuzungsweiche ein Halbmesser von 500 m hergestellt werden kann. Sein abgelenkter Personenzug würde dann in der Weiche nicht entgleisen, er würde aber dann mit voller Streckengeschwindigkeit in ein Gütereinfahrgleis einfahren, das von einem Zuge besetzt sein kann. Für diejenigen Güterzüge aber, die von B durch die genannte doppelte Kreuzungsweiche in die äufserste Einfahrgleisgruppe einfahren, ist überhaupt keine Schutzweiche vorhanden.

Hiernach mufs ich das von Herrn Bäseler behauptete grofse Mifsverständnis wenigstens für mich ablehnen, vielmehr dabei bleiben, dafs die Bäselersche Anordnung mit schienengleicher Kreuzung der in gleicher Richtung befahrenen Gleise betriebshemmend und betriebsgefährlich ist, und dafs sie weder für die Abzweigung der zu einem Umstellbahnhof führenden Gütergleise, noch für die Abzweigung der Hauptgütergleise eines Ortsgüterbahnhofs, wie ihn Herr Bäseler jetzt entworfen hat, als Regelanordnung empfohlen werden kann, abgesehen davon, dafs der neue Bahnhofsentwurf wegen seiner betrieblichen Unzulänglichkeit abzulehnen ist.

Daran ändert es auch nichts, dafs Herr Bäseler einen Hauptvorzug in angeblicher, erheblicher Kostenersparnis sieht. Und wie ist es mit dieser Kostenersparnis bestellt? Herr Bäseler hat einen Kostenvergleich zwischen seinem Entwurf und einem Gegenentwurf in üblicher Anordnung (Abb. 2a und 2b auf Taf. 12, Entwurf II) aufgestellt. Dieser Kostenvergleich ergibt zugunsten des Bahnhofs mit Höhenentwicklung einen Kostenunterschied von rund 1800000 RM., von denen 1130000 RM. an einmaligen (Bau)-Kosten und 675600 RM. an kapitalisierten Betriebskosten. In den einmaligen Kosten spielen die Hauptrolle 1020000 RM. für Mehrbedarf an Gelände. Dabei hat Herr Bäseler etwas willkürlich durchweg Baugelände mit einem Einheitspreis von 12 RM. für das Quadratmeter vorausgesetzt, und hat ferner angenommen, dafs dieses Gelände durchweg ungenutzt bleibt. Dabei wäre es doch (vergl. Abb. 2b auf Taf. 12), abgesehen von etwaigen Beamtensiedlungen sehr wohl möglich, erhebliche Teile der zwischen den Bahndämmen verbleibenden Zwickel für Abstellanlagen, für das fehlenden Lokomotivschuppen, als Bahnmeistermagazin usw. zu verwenden. Die ferner berechneten dauernden Ausgaben beziehen sich hauptsächlich auf die Besetzung von vier nach Herrn Bäselers Ansicht bei der üblichen Anordnung mehr erforderlichen Stellwerken mit 12 Stellwerkswärtern. Aber auch bei der üblichen Anordnung ist man stets bestrebt, die Aufsenstellwerksanlagen zweier in derselben Hauptrichtung dem Bahnhofe zustrebenden Bahnlinien zu einem Stellwerk zusammenzufassen; bei Annahme derselben gegenseitigen Neigung der Bahnlinien, wie in dem Entwurfe I, würde dies sicherlich möglich gewesen sein. Ob dann die zwei Stellwerke, die danach gegenüber Herrn Bäselers Entwurfe I, aufsen mehr erforderlich geworden wären, nicht durch zweckmäfsigere Bezirkseinteilung in einem nicht durch grofse Höhenunterschiede zerrissenen Bahnhof mindestens wieder ausgeglichen werden könnten, liefse sich erst an durchgearbeiteten Entwürfen feststellen, wobei aber immer wieder zu betonen ist, dafs der Entwurf I überhaupt nicht lebensfähig ist. Beweiskräftig ist also der Bäselersche Kostenvergleich nicht.

Dafs die Zulassung von schienengleichen Kreuzungen gleichgerichteter Hauptgleise gegenüber den ganz kreuzungsfreien Entwicklungen eine Verminderung der Betriebssicherheit und der Betriebsflüssigkeit bildet, sollte eigentlich nicht bestritten werden können*). So ist mir nicht verständlich, wie Herr

*) Herr Bäseler erhebt entschiedenen Widerspruch gegen meine Äufserung, dafs ich auf gröfsere, er auf geringere Sicherheit abziele, und bedauert diese Äufserung, indem er sie offenbar als unangemessen betrachtet. Dafs er aber grundsätzlich die Bestimmungen der B. O. hinsichtlich der Zulassung von Gleiskreuzungen erleichtern will, darüber stelle ich anheim, seine Ausführungen auf S. 89 der V.W. 1926 nachzulesen. Dafs seine Lösungen grundsätzlich eine Verminderung der Betriebssicherheit an gewissen Stellen bringen, zeigen die obigen Ausführungen.

Bäseler auf S. 77 des Organs folgende Ausführungen zur Begründung seiner Vorschläge macht, indem er »auf den tiefsten Unterschied in der Auffassung« kommt. Er sagt: »Allerdings hat sich das Gesicht des Eisenbahnbetriebes gegen früher vollkommen geändert; es gibt mehr und schneller fahrende Züge. Ich gehe sogar noch weiter. Ich halte es für möglich, dafs wir, namentlich unter dem Druck des Wettbewerbs der Kraftwagen, noch häufiger, noch schneller und mit noch knapperen Abfertigungszeiten werden fahren müssen, ja sogar — die Entwicklung bahnt sich schon an — mehr oder weniger ohne Fahrplan, kurz, dafs wir einen Betrieb bekommen, bei dem uns nach unseren heutigen Begriffen die Haare zu Berge stehen.«

Ein solcher Betrieb erfordert doch, auch wenn man die Bäselerschen Übertreibungen etwas mildert, die unbedingte gegenseitige Unabhängigkeit aller Fahrten, also die vollständige Vermeidung aller Fahrtkreuzungen. Herr Dr. Ing. Bäseler folgert genau das Gegenteil*). Diesem Gedankengang kann ich allerdings nicht folgen.

Herr Bäseler spricht in seinem Aufsatz von »der platonischen Idee eines Gleisplans, einer schienenfreien Gleisentwicklung, ja eines ganzen Bahnhofs«, und, unter Berufung auf Coué, von dem »künstlerischen Element in der Eisenbahn«. »Darüber könnte man Bände schreiben. Ich will niemanden überzeugen, der es nicht fühlt; die Dinge sind schwer zu beweisen; aber ich darf mitteilen, dafs schon die erste offene Aussprache darüber viele geradezu begeistert hat.« Auch weiterhin entwickelt er unter Berufung auf James Watt gewissermafsen eine Philosophie der Bahnhofsanlagen. Wer davon nichts fühlen sollte, mit dem will er nicht streiten.

Wir verdanken Herrn Dr. Ing. Bäseler, wie ich wiederholt hervorgehoben habe, wertvolle Erfindungen. Insbesondere hat er den Gedanken, durch steilere Weichenentwicklung die Bahnhöfe abzukürzen und dadurch billiger und leistungsfähiger zu machen, als einer der ersten erfafst und wesentlich vorwärts gebracht. Aber, wenn er durch einseitige Verfolgung eines bestimmten, von ihm vorgeschlagenen Verfahrens dahin gelangt, wichtige Betriebsrücksichten aufser Acht zu lassen, und dabei sich gewissermafsen als den Propheten einer neuen Bahnhofsgestaltung »der Bahnhof als Höhenbauwerk« fühlt, so scheint mir doch dienlicher für die Zukunftsgestaltung unserer Bahnhöfe eine nüchterne Abwägung aller der vielen Gesichtspunkte, die für Betrieb und Verkehr in Betracht kommen. Wie ich in den Schlufsbemerkungen meines Buches »Personenbahnhöfe« ausgeführt habe, mufs, wer auf dem Gebiet der Bahnhofsanlagen etwas Gutes schaffen will, gewissermafsen 100 Augen haben, um gewahr zu werden, welche Folgen an 99 anderen Stellen eintreten, wenn er an einer Stelle etwas ändert.

*) Er nimmt dabei an, „dafs wir bei allen diesen äufserst schweren Anforderungen, wieder unter dem Druck des Wettbewerbs, die Mittel nicht aufbringen können, um schienenfreie Gleisentwicklungen zu bauen, wenigstens nicht nach den älteren Regeln". Der Kraftwagenwettbewerb hat doch nur dadurch unangenehm fühlbar werden können, dafs man ihm die Landstrafsen nahezu unentgeltlich zur Verfügung stellte und ihn steuerlich weniger belastet, als die Eisenbahn. Sobald der Kraftwagen die Selbstkosten seines Betriebes, auch hinsichtlich der Abnutzung der Landstrafsen, in vollem Umfange selbst tragen mufs, und sein Betrieb auch mit der Beförderungssteuer belastet wird, mufs der Wettbewerb erheblich zurückgehen. Jedenfalls liegt keine Veranlassung vor, sich schon jetzt den Kraftwagenwettbewerb als Popanz hinstellen zu lassen, um die Pünktlichkeit und die Betriebssicherheit unserer Eisenbahnen zugunsten der Bäselerschen Vorschläge herabzusetzen.

* * *

Hierzu erhalten wir von Herrn Reichsbahnrat Dr. Ing. Bäseler folgende Erklärung:

Auf die vorstehenden Ausführungen näher einzugehen hindert mich ihre Form. Aufserdem war m. E. alles Wesentliche schon vorher geklärt. Es genügt, darauf hinzuweisen, dafs Herr Geheimrat Cauer auf den entscheidenden praktischen Fall, nämlich Pasing, trotz Erhaltes der Urpläne nicht eingeht, wobei nochmals betont werden mufs, dafs Pasing nicht etwa ein einzelner »unglücklicher« Fall ist, sondern symptomatische Bedeutung hat, und dafs an ihm die Relativität der Begriffe Strecke und Bahnhof — sachlich wie formal — mit Händen zu greifen ist. Wer freilich unter den heutigen wirtschaftlichen Verhältnissen der Eisenbahnen von dem Grundsatz ausgeht, dafs eigentlich jede Kreuzung von Fahrwegen vom Übel und möglichst durch Überwerfungen zu beseitigen sei, konsequenterweise also auch auf wirklichen Bahnhöfen, falls es sich hauptsächlich um durchfahrende Züge handelt, mag sehen, wie weit er in der Praxis damit kommt. Dr. Ing. Bäseler.

Herr Geheimrat Cauer hat auf eine nochmalige Erwiderung verzichtet.

Persönliches.

Ministerialrat Ludwig von Samarjay,

der als Vertreter der Ungarischen Staatseisenbahnen seit dem Jahre 1923 die Geschäfte des Technischen Ausschusses des Vereins Deutscher Eisenbahnverwaltungen leitet, wurde in Anerkennung seiner grofsen Verdienste, die er sich als leitender Direktor der Maschinenhauptsektion der Staatseisenbahnen beim Wiederaufbau des Wagenparks und durch Förderung und Ausgestaltung des maschinentechnischen Fachgebietes erwarb, zum Präsidenten der Königlich Ungarischen Staatseisenbahnen ernannt.

Berichte.

Allgemeines.

Internationale Automobil-Ausstellung in Köln.

Am 20. Mai ds. Js. wurde in Köln die Internationale Automobil-Ausstellung für Lastwagen und Spezial-Fahrzeuge eröffnet, über deren bemerkenswerteste Neuerungen nachfolgend kurz berichtet sei.

Die Darbietungen des Deutschen Eisenbahnkraftwagenverkehrs, wie auch der „Kraftverkehr Deutschland" zeigten, wie die Reichsbahn-Gesellschaft den Kraftwagen als Betriebsmittel in ihren Betrieb aufgenommen hat. Hierzu ist besonders auf den Kraftverkehr zwischen der Güterstation München Hbf. und der städt. Grofsmarkthalle in München hinzuweisen, in dem Transportgestelle auf Rädern der Verfrachtung von Obst und Gemüse dienen, die vom Eisenbahnwagen auf den Kraftwagen gerollt werden und so eine sehr schnelle und das Gut schonende Umladung gestatten.

Das Ausland war auf der Ausstellung mit 11% der Aussteller vertreten. Grofse Fahrzeuge waren in der Minderzahl zu sehen und wiesen gegenüber den deutschen Fabrikaten keine Besonderheiten auf, wenn sie auch an sich allen neuzeitlichen Anforderungen im Einzelfall entsprachen.

Die deutschen Fahrzeuge haben sich vielfach seit der letzten Berliner Ausstellung weiter entwickelt. Der Sechszylindermotor hat sich weiter eingeführt und war sogar bei einem Brennabor-1½-Tonnenwagen zu sehen, der mit Omnibusaufbau 15 Sitzplätze hat. Firmen, die den Sechszylindermotor selbst herstellen, suchen ihn mit dem Vierzylindermotor in möglichst vielen Teilen in Übereinstimmung zu bringen, andere benutzen bewährte Typen wie Vomag und Magirus den 75 bzw. 100 Ps Maybachmotor, Goossens und van der Zypen



& Charlier den B. M. B.—Motor, Mannesmann—Mulag den Selvemotor. Ähnliche Bestrebungen, vorhandene Wagenteile zu kaufen und sich auf den Einbau zu beschränken, zeigen sich bei den Getriebeteilen, Vorderachsen, Kupplungen, Bremsen. Auch beim Dieselmotor hat die M. A. N. Nürnberg ihren Vierzylinder mit dem Vierzylinder-Vergasermotor derart in Übereinstimmung gebracht und ihn vereinfacht, so dafs je nach den Ergebnissen im Betriebe schnell ohne grofse Kosten von der einen zur anderen Betriebsart übergegangen werden kann. Daimler-Benz hatte ein Fahrgestell mit einem 70 PS Rohölmotor ausgestellt, der nach dem Vorkammerzündverfahren arbeitet und mit einer besondern durch einen Fliehkraftregler beeinflufsten Brennstoffpumpe ausgestattet ist, womit die Brennstoffzufuhr den schwankenden Belastungen im Fahrbetriebe angepafst wird.

Die Vierradbremse ist heute allgemein vorhanden und man sucht ihre Wirkung durch mechanische, hydraulische, (Atebremse), elektrische (Goossens) Hilfskräfte, durch Luftüberdruck (Knorr) oder Unterdruck (Bosch-Dewandre) zu erhöhen.

Hervorzuheben ist die zunehmende Verwendung der Knorr-Luftdruckbremse bei den schweren Lastwagen und Anhängewagen, da bei dem Betrieb mit Anhängerwagen eine durchgehende, vom Führer zu bedienende Bremse ein Bedürfnis ist. Ein Lastzug bestehend aus einem Büssing-90-PS-Sechsradlastwagen mit Anhänger wurde im Betriebe vorgeführt. Die Bremswirkung war elastisch und stofsfrei, und erfolgt im Zuge von hinten nach vorn. Die Betätigung der Bremse geschieht durch Bremsfufshebel, der beim Niedertreten auf ein Führerbremsventil wirkt, das zum Steuern der Bremsluft zum Bremszylinder jedes Rades dient. Der gewünschte Bremsdruck bleibt stehen, Schnellbremsung in Gefahr ist möglich. Je nach den Wege- und Geschwindigkeitsverhältnissen ist der Bremsdruck einstellbar. Die Anhänger haben Zweikammerzylinder, bei denen die Bremsung durch Entlüftung erfolgt. Bei unbeabsichtigter Trennung des Lastzuges wird demgemäfs der Anhänger selbsttätig gebremst, so dafs sich ein Mitfahrer erübrigt.

In der Abfederung ist eine bemerkenswerte Neuanordnung der Rheinmetall A. G. die Faudifederung ohne Blattfedern zu erwähnen. Jedes Rad ist unabhängig von dem anderen an einem Ende eines Doppelhebels (Schwingachse) befestigt, der im Rahmen drehbar gelagert ist, so dafs beim Durchfedern des Rahmens der Radmittelpunkt um die Lagerung des Hebels im Rahmen einen Kreisbogen beschreibt. Das andre Ende des Doppelhebels ist mittels entsprechender Lenker an die eigentliche Federung, einen in einem abgeschlossenen Zylinder beweglichen und unter Prefsluft stehenden Kolben angegliedert, der bei auftretenden Stöfsen das Luftpolster zusammenprefst.

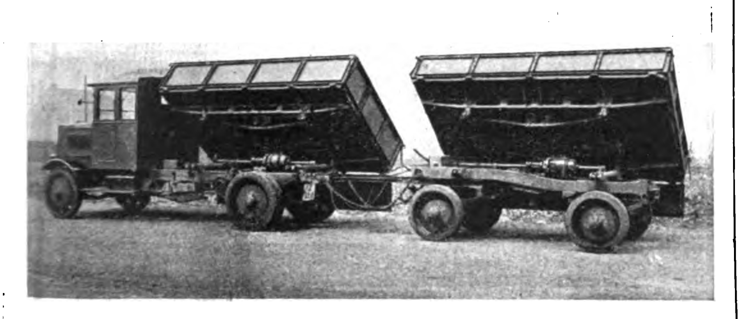


Abb. 1. „Goossens" Drei-Seiten-Kipplastzug.

Beim Rahmen für Omnibusse findet man teilweise eine Rückkehr zum Geradrahmen, der die Lieferung billiger Fahrzeuge ermöglicht. Durch entsprechende Federanordnung und Reifenwahl sucht man aber die Gesamthöhe des Fahrzeugs mit gekröpftem Rahmen einzuhalten. Einen solchen Rahmen zeigt ein zweiachsiger Omnibus der Hansa Lloydwerke für 20 Sitzplätze mit sechs bereiften Rädern.

Nachdem die Fahrgestelle bereits eine hohe Vervollkommnung erreicht haben, wendet man sich der besseren Durchbildung der Wagenkästen zu. Neben den bekannten Stahlkasten der Waggonfabrik Uerdingen war auf dem Stand der Vomag eine neue Bauart mit Stahlspanten zu sehen, die sie mit der Werdauer Maschinenfabrik entwickelt hat. Rembrandt, Delmenhorst und Daimler-Benz haben Wagenaufbauten mit Allwetterverdeck geschaffen das sich mittels eines am hinteren Wagenende angebrachten Kurbelmechanismus, ohne die Fahrgäste zu stören, zurückziehen läfst. Der Gummistoff liegt auf eisernen Spriegeln auf, die sich in gerillten Schienen verschieben. Zur Befestigung des Verdecks wird der Stoff gegen die Schienen angeklemmt (Rembrandt) oder mit einem unter Prefsdruck stehenden Gummischlauch in eine neben der ersten Rille liegenden zweiten Rille eingedrückt (Daimler). Der Verschlufs wird somit gegen Wind und Wetter sehr dicht und der Wagen ist im Winter heizbar.

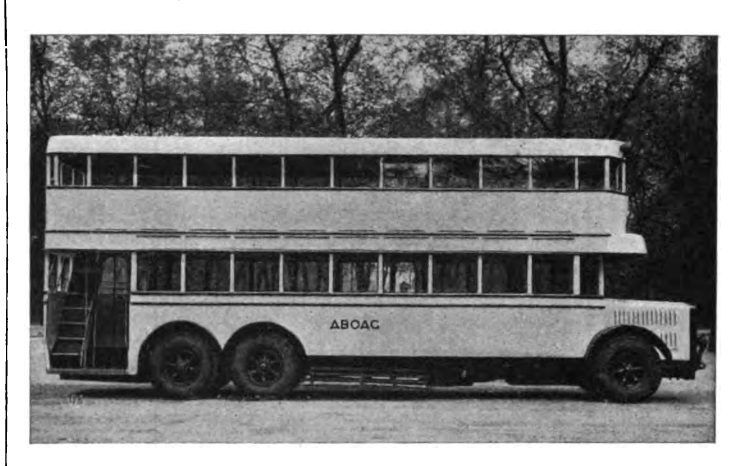


Abb. 2. Überdachter Decksitzomnibus für 81 Personen.

Der weiteren Entwicklung der Schnellastwagen wird gröfste Aufmerksamkeit geschenkt. Fried. Krupp, Essen zeigte einen 5 t Schnellastwagen mit Niederrahmen und 24/70 PS 6-Zylindermotor. Auch die elektrisch betriebenen Fahrzeuge werden ständig gröfser. Die Maschinenfabrik Esslingen hatte einen 5 t Lastwagen mit Akkumulatorenbetrieb für 75 km Fahrbereich (bei voller Last auf ebener Strafse) ausgestellt. Die Pritsche des Wagens hat einen Fassungsraum von $4 \times 2{,}1 \times 0{,}6$ m. Büssing, Braunschweig bot ein dreiachsiges Fahrgestell mit Benzin-elektrischem Antrieb durch im Fahrzeugrahmen gelagerte Elektromotore dar.

Beachtenswert sind die Bestrebungen zur selbsttätigen Kupplung des Triebwagens mit dem Anhängewagen bei Lastzügen; hierfür haben Meiller, München und die Bergische Stahlindustrie bemerkenswerte neue Anordnungen herausgebracht. Bei den Kippvorrichtungen scheinen die hydraulisch betriebenen, wie die von Meiller, Arnim Tenner, Wood vorherrschend zu werden. Sehr gut durchgebildet ist die elektrisch-mechanische Kippvorrichtung von Goossens (Abb. 1).

Hinsichtlich des Fassungsraumes der Omnibusse bildet sich neben den kleinen Wagen mit 15 Plätzen ein mittlerer mit 20 bis 25 Plätzen heraus, der für einen mittleren Verkehr sich bestens eignet und infolge kräftiger Bauart auch gröfserem Stofsverkehr gewachsen ist. Firmen wie Dürrkopp-Werke, Magirus, Komnick, Hansa-Lloydwerke, Magdeburger Werkzeugmaschinenfabrik, Daimler-Benz, Krupp u. a. haben hier neue Modelle geschaffen, die mit einem etwa 80 PS starken Motor ausgestattet sind und eine Fahrgeschwindigkeit von 50 km/Std. haben. Bei den Grofswagen dürfte mit dem dreiachsigen 75 bzw. 100 PS Büssing-Omnibus mit einem zweistöckigen überdachten Aufbau der Wagenbauwerke, Berlin für 81 Sitzplätze das z. Zt. Höchste erreicht sein (siehe Abb. 2). Der Wagen ist für den Berliner Verkehr bestimmt und wiegt trotz seiner Mächtigkeit besetzt nur 12000 kg.

Przygode.

Erweiterung der Untergrundbahn in London.

Das Netz der Londoner Untergrundbahnen wurde in den letzten Jahren um zwei Strecken erweitert. Es handelt sich hierbei um die City & South London Railway von Clapham bis Morden und um die London Electric Railway zwischen Charing Crofs und Station Kennington der ersteren Gesellschaft, mit Anschlufs an diese und Wendeschleife in Kennington (siehe Abb. 1). Die Gesamterweiterung beträgt rund 12 km.

Als Normalquerschnitt wurde für jedes Gleis eine eisengepanzerte Röhre, wie die Abb. 2 zeigt, vorgesehen. Die durchschnittliche Tiefe unter Erdoberfläche beträgt etwa 12 m. Die

Tunnel haben in der freien Strecke 3,56 m und in den Stationen 6,46 m Durchmesser. Die beiden nebeneinanderliegenden Tunnels haben 1,52 m gegenseitigen Abstand. Bei Annäherung an eine Station vergröfsert sich dieser Abstand allmählich, um den für den Bahnsteig nötigen Platz zu gewinnen. An der Ausfahrtseite der Stationen hat das Gleis ein Gefälle von 1:30 auf 90 m, an der Einfahrtseite eine Steigung von 1:60 auf 180 m. Diese Anordnung

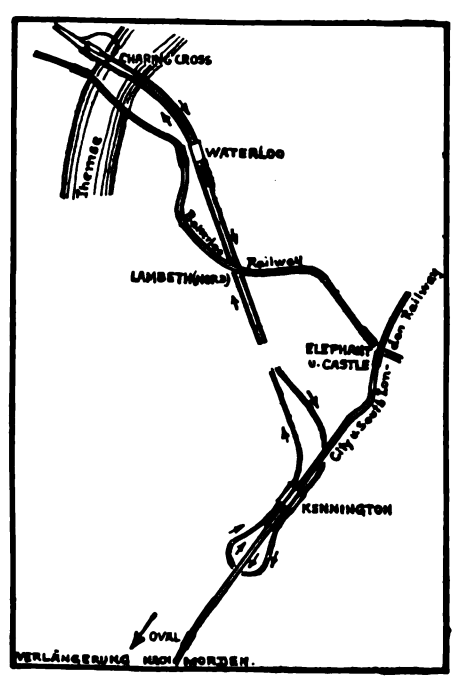


Abb. 1. Übersichtsplan über die Erweiterung der Untergrundbahn in London.

begünstigt die Beschleunigung der Züge bei der Abfahrt und ermäfsigt die Geschwindigkeit bei Einfahrt in eine Station, wodurch Ersparung an Strom und geringerer Verschleifs an den Bremsen erreicht wird. Für die Arbeitsdurchführung wurden an den Stellen, an welchen Stationen vorgesehen wurden, Bedienungsschächte hergestellt, die später als Schächte für die Treppen, Aufzüge und beweglichen Treppen verwendet wurden. Die Tunnels wurden mit dem Greathead-Schild oder mit einem Drehbagger ähnlich der Schneeschleuder (siehe Organ 1926, Heft 5, S. 97) vorgetrieben. Letztere konnte nur in erdigem oder lehmigem Material verwendet werden.

Anstatt der vorgenannten Tunnelform wurden Eisenbetontunnels verwendet, soweit starkes Grundwasser auftrat. Sie wurden in offener Baugrube hergestellt. Als Begrenzung der Baugrube wurden zwei parallele Eisenspundwände gerammt, das dazwischen befindliche Erdmaterial entfernt. Hierauf wurden als rückwärtige Verschalung in 15 cm Abstand von den Eisenspundwänden Holzwände errichtet und die gesamte Eisenbewehrung für den ganzen Tunnelquerschnitt eingebracht Nachdem der Boden betoniert war, wurde die fertige, fahrbare Schalung des Tunnelquerschnittes in den Betonierabschnitt vorgeschoben und die Wände des Tunnels betoniert. Nach Vollendung der Decke wurde dann die Schalung in den neuen Abschnitt weiter geschoben. Die Eisenspundwände wurden wieder gezogen und an anderer Stelle zu gleichem Zweck wiederverwendet. Die eingebauten Holzwände auf der Rückseite wurden belassen und der ganze Hohlraum zu beiden Seiten des Tunnels mit Kies ausgestampft. Auf diese Weise wurden ungefähr 500 m Tunnel hergestellt.

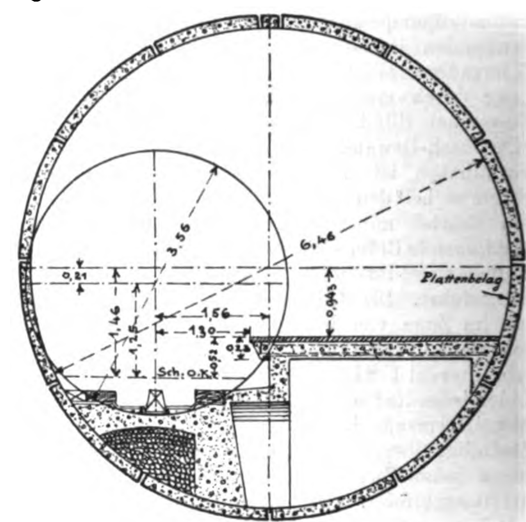


Abb. 2. Querschnitt durch einen Tunnel der Untergrundbahn.

Die Teilstrecke zwischen Charing Crofs und Kennington beginnt an der Themse; sie wurde mit einem Gefälle 1:30 unter der Themse durchgeführt. Der Tunnel für die Richtung Charing Crofs-Kennington wurde in die Linie der City & South London Railway mittels Überwerfung unter dieser Linie hindurch eingeführt. Der hier auftretende harte Fels wurde von Hand gebrochen. Bei der Untertunnelung der Themse war für die Arbeiten mit Prefsluft der Einflufs von Ebbe und Flut von besonderer Bedeutung

Als Schienen wurden Stahlschienen mit 57 kg Metergewicht verwendet. Die Weichen und Kreuzungen sind aus Manganstahl. Zwischen den Schienen und Schwellen sind Gewebebauplatten eingelegt, um das Geräusch im Tunnel zu vermindern. Die Stromschienen sind aus Stahl von hoher Leitfähigkeit und auf Porzellanstützen verlegt. Zur Vermeidung der Unterhaltungsarbeiten am Gleis sind wegen des starken Verkehrs die Schwellen in Beton gelegt. Nur in der Endstrecke bei Morden, wo auch die Werkstätten und Wagenhallen sich befinden, ist das Gleis in Granitschotter gebettet. Die Signalbeleuchtung ist elektrisch, die Bremsung elektro-pneumatisch mit Signalbeeinflussung. Wa.

Railway Age, 1926, November, S. 373.

Bahnunterbau, Brücken und Tunnel; Bahnoberbau.

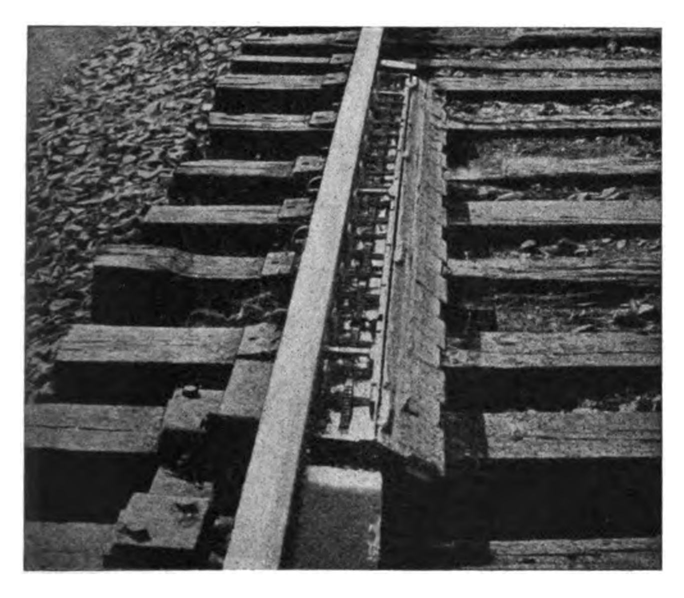
Verminderung der Schienen- und Spurkranzabnützung durch eine selbsttätige Schmiervorrichtung an der Schiene.

Eine aufsergewöhnlich starke Abnützung der Schienenköpfe in Krümmungen der Norfolk und Western-Bahn in den Vereinigten Staaten gab Veranlassung zu Versuchen mit der Schienenschmierung, deren Ergebnis eine vierfache Lebensdauer der Schienen war. Auf einer Strecke von 160 km in den Alleghany-Bergen, über die täglich 70000 t rollen, betrug die Lebensdauer der in scharfen Krümmungen mit einer Überhöhung von 112 mm liegenden Aufsenschienen nur zwei bis drei Jahre, während die Innenschienen um etwa die Hälfte länger brauchbar blieben.

Vor zwei Jahren begann man damit, die Schienenköpfe an den Innenseiten von Hand mit Öl zu schmieren und zwar jeweils auf zehn bis zwölf Schienenlängen an zwei aufeinanderfolgenden Krümmungen verschiedener Richtung. Dabei wurde sorgfältig darauf geachtet, das Öl von der Schienenoberfläche fernzuhalten, um die Reibung nicht zu beeinträchtigen. Nach den Beobachtungen wurde das Öl von den Spurkränzen auf 5 bis 20 km mitgenommen. So wurde ein Verfahren gefunden, um das Öl auf die von den Spurkränzen angegriffenen Flächen der Schienen in einer Reihe von Krümmungen und Gegenkrümmungen zu verteilen.

Die Schmierung von Hand erforderte einen Dienst in drei Schichten an jeder Schmierstelle, da die Ölung hinter jedem durchgefahrenen Zuge nötig ist, und so trafen 90% der gesamten Kosten auf die Bedienung. Man mufste also zu einer selbsttätigen Schmiereinrichtung gelangen und hat unter mehreren anderen vorübergehend verwendeten Vorrichtungen die im Nachstehenden beschriebene Bauart Derrick als die beste und erfolgreichste befunden (siehe Abb.). Sie besteht aus einem geschlossenen Ölbehälter von 3 m Länge, 125 mm Breite und 100 mm Höhe, der an der Innenseite der Schiene befestigt ist. Im Innern sind zehn um senkrecht zum Gleis stehende Achsen drehbare Lederscheiben von je 125 mm Durchmesser gleichmäfsig auf die Länge verteilt. Unter dem Einflufs der darüber fahrenden Züge drehen sie sich und bringen das Öl aus dem

Behälter an die Spurkränze der Räder, mit denen sie in Berührung kommen. Die Wellen, auf denen die Lederscheiben befestigt sind, tragen Kettenräder, über welche eine endlose Kette von der ersten bis zur letzten Scheibe läuft. Der Antrieb dieser Kette erfolgt durch ein Antriebsrad, dessen Bewegung von der gegenseitigen senkrechten Verschiebung zwischen Schwellen und Schienen unter der rollenden Last abgeleitet wird. Hierzu dient ein Schaltrad mit zwei Klinken. Während ersteres auf der Welle des Antriebsrades sitzt, sind letztere mit den Schwellen fest verbunden und mit



Schienenschmiervorrichtung mit abgehobenem Deckel. Die teilweise im Öl befindlichen Lederscheiben sind sichtbar.

Federn gegen das Antriebsrad gepreſst. Im Takte der Schwellendurchbiegungen schalten daher die Klinken das Sperrrad weiter und drehen damit das Antriebsrad sowie die zehn Lederscheiben. Diese Vorrichtung wird etwa 30 m vor einer Krümmung eingebaut und ihr gegenüber an der Innenschiene stets eine Leitschiene angebracht. Diese dient dazu, das Einklemmen der Schmierscheiben zwischen Spurkranz und Schiene zu vermeiden und ihre Berührung mit den Spurkranzflanken zu erzwingen. Als Schmierstoff wird ein schweres, zähflüssiges Öl verwendet. Der Verbrauch hängt von der Stärke des Verkehrs ab.

Die Beobachtungen ergaben, daſs ohne Rücksicht auf die Entfernung von der Schmierstelle, der auſserordentliche Verschleiſs seit der Anwendung der Ölung vollständig aufgehört hat, und als Beweis dafür, daſs das Öl nicht auf die Schienenoberfläche gelangt, ist der Umstand angeführt, daſs die Abnützung an dieser Stelle der Schienen in der regelmäſsigen Weise weitergegangen ist. Auſser der groſsen Ersparnis an Schienenmaterial werden folgende weitere Vorteile angegeben: Fortfall der Löhne bei der häufigen Schienenerneuerung und der Kosten der Spurberichtigungen, die Ersparnis an Radreifenmaterial bei Lokomotiven und Wagen, sowie der Gewinne an Geschwindigkeit beim Durchfahren der Krümmungen infolge des geringeren Laufwiderstandes.

Railw. Age I. Hälfte 1927, Heft 24. Bttgr.

Gleisunterhaltung mit maschinellen Einrichtungen.

Im Märzheft 1927 des Bulletin ist ein Aufsatz von dem Ingenieur Dino Levi de Veali der Mailänder Eisenbahnen erschienen, der die Verwendung von maschinellen Einrichtungen bei der Gleisunterhaltung behandelt.

Er kommt zu dem Ergebnis, daſs die Nachteile, die sich bei deren Anwendung ergeben, die Vorteile ausgleichen. Er ist der Ansicht, daſs in Europa ihre allgemeine Einführung nicht vorteilhaft ist.

Als Vorteile der Verwendung von Maschinen gegenüber der Handarbeit bezeichnet er:

Erhöhung der Güte der Arbeit.

Schonung der angesetzten Arbeitskräfte.

Erhöhung der Arbeitsleistung mit geringeren Arbeitskräften.

Die Dichtung der Bettung unter eng nebeneinanderliegenden Schwellen, wie am Schienenstoſs und bei Weichen wird bedeutend verbessert.

Der Schotter wird besser geschont und beim Stopfen nicht mehr in kleine Teilchen zerklopft.

Eine Zerstörung der Schwellenkanten und Ecken findet nicht mehr statt.

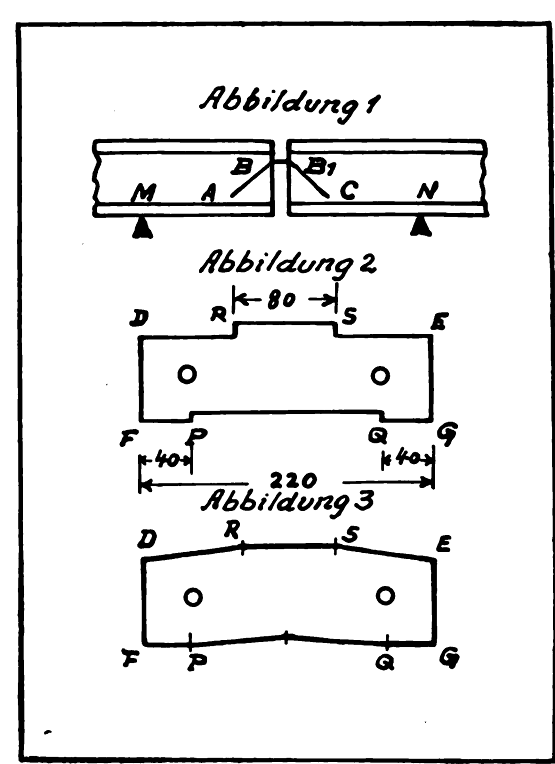
Demgegenüber besteht der Nachteil, daſs eine Umorganisation des gesamten Baudienstes bei der Bahnunterhaltung notwendig wird. Es müſste eine bedeutende Vergröſserung der Rotten- und Bahnmeistereibezirke vorgenommen werden, mit einer bedeutenden Erhöhung der Kopfzahl der Rotten. Dies würde wiederum eine Zusammenziehung der gesamten Arbeitskräfte an einem Ort notwendig machen, damit sie geschlossen an die entferntgelegeneren Teile der Bezirke verbracht werden könnten. Diese Forderung wäre nur durch Aufwendung eines hohen Kapitals für Neubauten von Arbeiterwohnungen zu lösen. Die Zeitverluste durch Hin- und Rückfahrt der Arbeitskräfte zwischen Wohnung und Arbeitsstelle wären für die Verwaltung beträchtlich.

Bei einer derartigen Vergröſserung der Rottenbezirke würden die notwendigen kleineren Nebenarbeiten der Gleisunterhaltung stark vernachlässigt werden. Auch würde die Durcharbeitung der Strecken nur mehr in gröſseren Zeitabschnitten als bisher möglich sein.

Wenn dauernd vier Gleisstopfmaschinen laufen, beträgt die Ersparnis nach Angabe des Verfassers gegenüber der Handarbeit 6 bis 15%. Scherer.

Über eine neue Laschenform (Sparrenlasche).

Die Verwendung von langen Laschen mit groſsen Anlageflächen wurde bisher als geeignet betrachtet, die schädlichen Einflüsse der Schienenstöſse auf das Gleis herabzumindern. Während derartige Laschen in verschiedenen Formen zur Verwendung gelangten, ist jetzt das Bestreben vorhanden, die Stoſsschwellen nahe zusammen zu



rücken und kürzere Laschen zu verwenden. Wenn auch hierdurch schon offenkundige Verbesserungen erzielt wurden, so scheint doch diese Verlaschungsart nicht vollauf zu befriedigen. Wenn man auf das Schweiſsen der Schienen verzichtet, so ist doch immer das zwischen den Schienen und Laschen vorhandene Spiel zu berücksichtigen und die Lasche so zu gestalten, daſs sie sich den Durchbiegungen der Schienenenden anpassen kann. Dies ist aber um so weniger möglich, je länger die Lasche ist. Wenn auch längere Laschen eine sehr starke Verbindung der Schienen ermöglichen, so hat sich

doch gezeigt, dafs das Anpassungsvermögen der kürzeren Laschen besser ist.

Aus der Beobachtung der Abnützung der Schienen und Laschen ergibt sich, dafs die Unterkante der Laschen an den Laschenenden und die Oberkante der Laschen an den Schienenenden bei Belastung des Stofses durch die Verkehrslast an der Schiene anliegen. Auf Grund dieser Erscheinung wurde eine neue Laschenform ausgebildet, die in ihrer Grundform zwei Sparren oder einem auf dem Kopfe stehenden V ähnlich ist (éclisse-chevron, Abb. 1). In der Ausführung hat die neue Lasche das Aussehen einer rechtwinkligen, deren beide oberen Ecken und deren Unterkante in der Mitte abgearbeitet ist (Abb. 2 und 3). Die Kanten RS, FP und QG sollen nur die notwendigste Länge haben. Bei einem Achsabstand der Stofsschwellen von 400 mm können die in der Abb. 2 angegebenen Abmessungen gelten, wobei die Höhe und Stärke der Lasche vom Schienenprofil und von der Verkehrslast abhängen. Die Verlaschung erfolgt durch 2 Schrauben.

Nach der Quelle soll die neue Lasche folgende Vorteile bieten:

1. Auch bei kräftig angezogenen Laschenschrauben folgt die Lasche den Durchbiegungen der Schienen,

2. Die Laschenschrauben brauchen nicht wie bisher bei grofser Hitze gelockert zu werden,

3. Ein mit der neuen Lasche ausgerüsteter Stofs hat für den elektrischen Strom hohe Leitfähigkeit,

4. Die ganzen Anlageflächen der Lasche bleiben mit der Schiene immer in Berührung. Der durch die Abnützung eintretende Verlust an Laschenhöhe kann durch Nachziehen der Laschenschrauben wieder ausgeglichen werden.

Zum Anbringen der Lasche sollen die Schwellenschrauben auf zwei Schwellen beiderseits des Stofses gelockert werden. Die Laschen werden dann angelegt und leicht angeschraubt. Hierauf ist der Stofs um einige Millimeter zu überheben. In dieser Lage werden die Laschenschrauben vollständig angezogen, wobei das Anziehen der Schrauben abwechselnd an beiden Schrauben zu erfolgen hat. Der Stofs wird dann wieder sich selbst überlassen, die Schwellenschrauben werden wieder angezogen und der Stofs festgekrampt. Ein solcher Stofs soll bei Zugsbelastung nicht mehr als 3 mm nachgeben. Die elastische Biegung der Schienen hält die Laschenschrauben dauernd in Spannung, eine Lockerung der Schrauben ist daher kaum möglich. Bei Lockerung der Schrauben verliert die Lasche einen grofsen Teil der Eigenschaften, die ihr zugeschrieben werden. Es sind daher in der ersten Zeit die Schrauben auf ihren festen Sitz zu beobachten. Wa.

(Revue générale des chemins de fer 1927 Mai, Seite 459 ff.)

Buchbesprechungen.

Personenbahnhöfe. Grundsätze für die Gestaltung grofser Anlagen von Dr. Ing. W. Cauer, Geh. Baurat. Professor an der Techn. Hochschule zu Berlin. Zweite, umgearbeitete und wesentlich erweiterte Auflage mit 142 Abbildungen im Text. Berlin, Verlag von Julius Springer 1926. Preis 22,50 *M*.

Zwischen der ersten Auflage des Buches*) und der nunmehr vorliegenden zweiten liegt die die bauliche Tätigkeit wie den wissenschaftlichen Fortschritt hemmende Kriegszeit mit ihren Folgen. Der Bahnhofsbau in grofsem Stil in Deutschland kam zum Stillstand, nachdem der neue Leipziger Bahnhof noch 1915 fertiggestellt war. Nach dem Kriege lebte die wissenschaftliche Arbeit bald wieder auf und hier sind auf dem Gebiete der Bahnhofsanlagen die zahlreichen Vorträge und Arbeiten des Verfassers aus den Jahren 1920—26 hervorzuheben, die in der vorliegenden zweiten und wesentlich umgearbeiteten Auflage verwertet sind.

Die Einteilung des Stoffes nach vier Abschnitten ist im Ganzen die gleiche geblieben. Im ersten Abschnitt sind die Rücksichten auf den Verkehr behandelt (zweckmäfsige Wege für Reisende, Gepäck-, Post-, Express- und Eilgutbeförderung, Zulässigkeit der Beförderung des Gepäcks über die Gleise hinweg). Die Wichtigkeit der Höhenlage des Eingangs und des Vorplatzes zu den Bahnsteigen wird bei den schienenfreien Zugängen für die Gepäckbeförderung besonders betont. Auch findet der Umsteigeverkehr Berücksichtigung.

Der dritte Unterabschnitt, der die Trennung der Wege für den Zu- und Abgang der Reisenden behandelt, ist beträchtlich erweitert; es wird auf die Folgen der Trennung von Gepäckannahme und Ausgabe hingewiesen. Hier wird die zweckmäfsige Grundrifsanordnung der Empfangsgebäude besprochen; neben den älteren sind die neueren Empfangsgebäude von Karlsruhe, Leipzig und Stuttgart, im Entwurf auch von Zürich als Beispiele besprochen. Lehrreich ist auch die Verwertung der Erfahrungen bei der Planung des neuen Bahnhofs von Zürich, zu dessen Vorarbeiten der Verfasser zur Erstattung eines Gutachtens herangezogen war.

Im zweiten Abschnitt bei den betrieblichen Rücksichten ist zunächst neu die wichtige Erörterung der Bahnhofsform, die mit der Führung der Streckengleise zusammenhängt. An dem Grundsatz der selbständigen und möglichst kreuzungsfreien Durchführung sämtlicher Streckenhauptgleise, auch der Hauptgütergleise selbst, wird festgehalten. Letztere sollen tunlichst nicht über den Personenbahnhof geführt werden. Es werden neben den verkehrlichen die noch gröfseren betrieblichen Nachteile des Kopfbahnhofs betont. Die zweckmäfsige Ausführung von Gleisüberwerfungen wird besprochen. Eine etwaige Anordnung eines Vorbahnhofs kommt zu ihrem Recht.

*) Vergl. Organ 1913, S. 447.

Der vierte Unterabschnitt, die zweckentsprechende Lage und Benutzungsart der Bahnsteiggleise und der Bahnsteige, sowie die Führung der Streckengleise betreffend, ist gleichfalls wesentlich vermehrt. Es wird hier schon die Lage des Abstellbahnhofs erörtert und namentlich die Bedeutung der gegenseitigen Vertretung der Bahnsteiggleise für ihre Ausnutzung vor Augen geführt. Die Behandlung der Überholungsbahnhöfe (in Staffelform und mit Umfahrgleis), die Trennungs- und Kreuzungsbahnhöfe und hiermit vereinigt, die Berührungsbahnhöfe, sowie die Kopfbahnhöfe ist wesentlich umgearbeitet und erweitert und mit neuen Abbildungen versehen. Die betrieblichen Vorzüge des Richtungsbetriebes gegenübrr dem Linienbetrieb werden im allgemeinen bestätigt.

Der sechste Unterabschnitt behandelt die Lage und Anordnung der Bahnhofsteile bei den Kopf-, Kreuzungs- und Trennungsbahnhöfen. Hier ist besonders anf die Lage des Umstellbahnhofs, die Anordnung der Durchlaufgleise eingegangen. Die Post- und Eilgutanlagen finden eingehendere Würdigung.

Ganz neu hinzugekommen ist der achte Unterabschnitt bei den verschiedenen Bahnhofsformen über die Leistungsfähigkeit der Bahnsteiggleise und ihre durch sie bedingte, von der Streckenbelastung abhängige Anzahl — ein Muster wissenschaftlicher Behandlung.

Auch der dritte und der vierte Abschnitt über die Lage des Bahnhofs zur Stadt, den Städtebau berührend, verbreitet sich über die Ausführbarkeit, insbesondere den Bauvorgang bei Neu- wie auch bei Umbauten. Auf die Wichtigkeit der Berücksichtigung der Höhenverhältnisse neben denjenigen der Lage weist der Verfasser wiederholt hin.

Herausgenommen sind die besonderen Bahnhöfe der Nebenbahnen, was der Einheitlichkeit der Stoffbehandlung zugute kommt. Hinzugekommen ist neben dem wesentlich erweiterten Namens- und Sachverzeichnis schliefslich eine sorgfältig bearbeitete Übersicht des Schrifttums, auf welche an einzelnen Stellen des Textes hingewiesen ist.

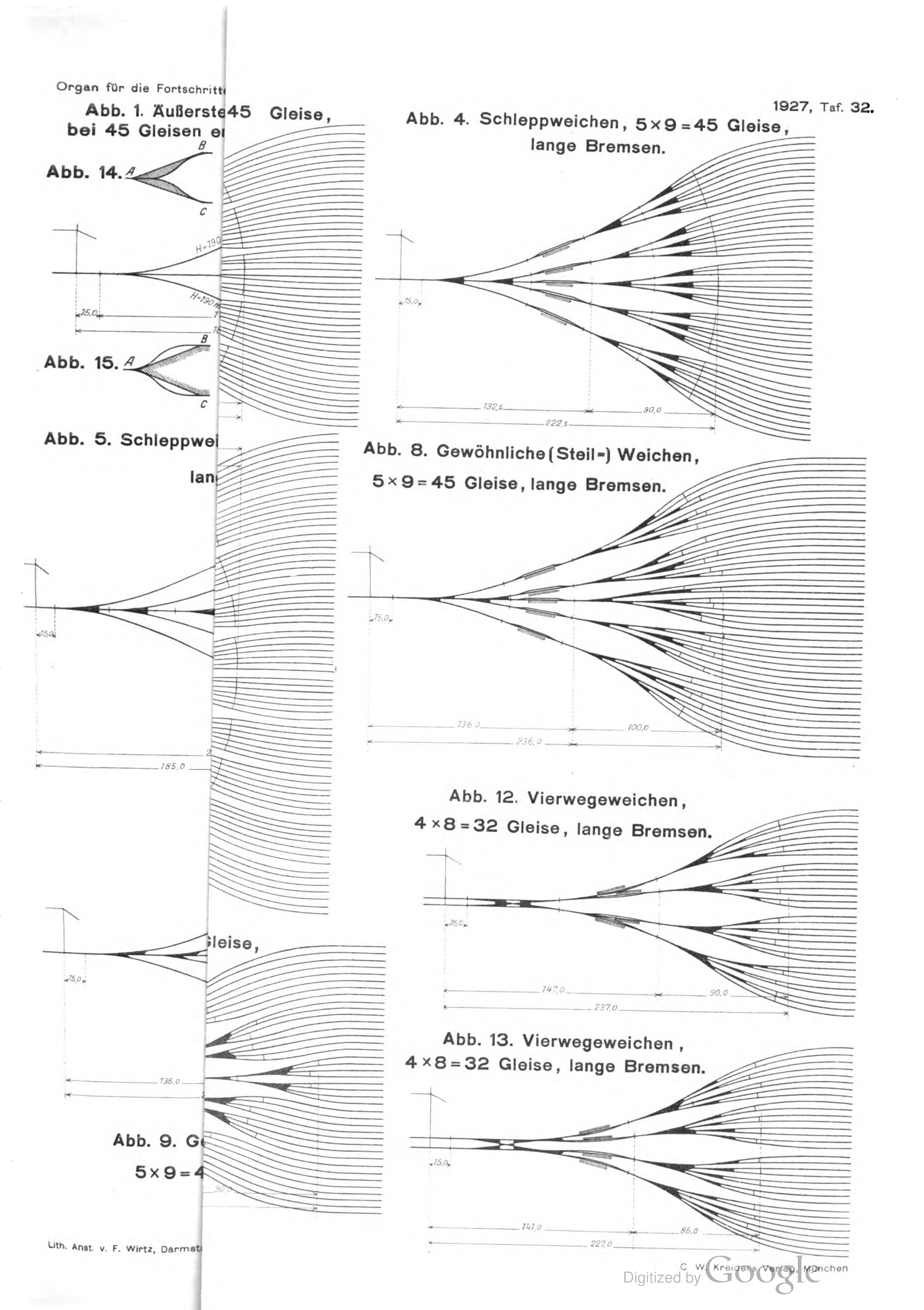
Die Ausstattung des Buches ist vorzüglich. Wenn die Behandlungsweise des Stoffes (nicht von den Bahnhofsformen, sondern von den zu berücksichtigenden Gesichtspunkten ausgehend) auch hier und da Wiederholungen zur Folge hat, so hat sie doch den Vorzug einer mehr wissenschaftlichen Behandlung und bewahrt vor den Gefahren des Schematisierens. Das im wesentlichen auf deutsche Verhältnisse mit ihren strengen Grundsätzen Bezug nehmende Werk wird bei der Planung eines gröfseren Personenbahnhofs einschliefslich des Empfangsgebäudes ein ebenso unentbehrlicher Ratgeber sein wie bei einem eingehenderen Studium des Stoffes an unseren Hochschulen. Wegele.

Berichtigung.

In der Zuschrift des Herrn Professor Jahn in Heft 14, Seite 266 heifst es im letzten Satz infolge eines Versehens: „Diese starke Verminderung der Zugkraft scheint mir mit der Erfahrung in Widerspruch zu stehen.“ Es soll heifsen: . . . . . schien mir mit der Erfahrung in Widerspruch zu stehen.

Für die Schriftleitung verantwortlich: Reichsbahnoberrat Dr. Ing. H. Uebelacker in Nürnberg. — C. W. Kreidel's Verlag in München.
Druck von Carl Ritter, G. m. b. H. in Wiesbaden.





Lith. Anst. v. F. Wirtz, Darmst
C. W. Kreidel's Verlag, München

Zum Aufsatz: Versuche mit Hochofenstückschlacke als Gleisbettungsstoff.

Abb. 1. Darstellung der Ergebnisse der Prüfung auf Widerstandsfähigkeit gegen den Schlag mit der Stopfhacke nach Übersicht 7.

Summe der Durchgänge durch die Siebe
Maschenweite d. Siebe in cm
0,6 1,2 1,9 2,5 3,2 5,0
Schlacke II, Schlacke VIII, Bruchstein 4
Schlacke V, Schlacke IX, Bruchstein 8

Abb. 2. Darstellung der Ergebnisse der Prüfung auf Widerstandsfähigkeit gegen stoßweise Druckbeanspruchung nach Übersicht 7.

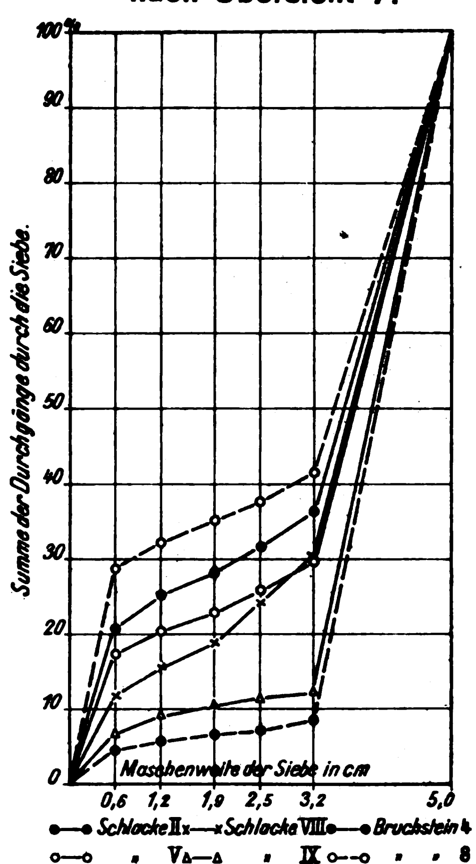


Abb. 5. Darstellung der Ergebnisse der Prüfung auf Widerstandsfähigkeit gegen stetig gesteigerte Druckbeanspruchung nach Übersicht 9.

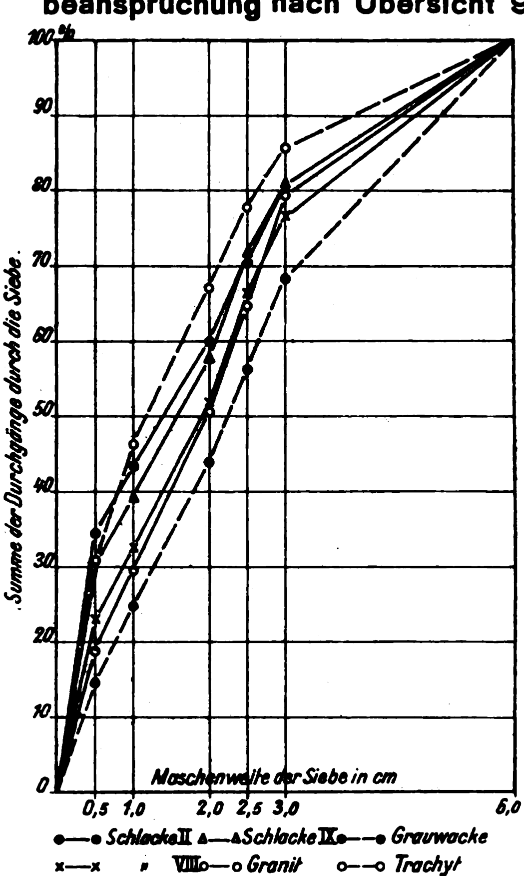


Abb. 3. Darstellung der Ergebnisse der Prüfung auf Widerstandsfähigkeit gegen stetig gesteigerte Druckbeanspruchung nach Übersicht 7.

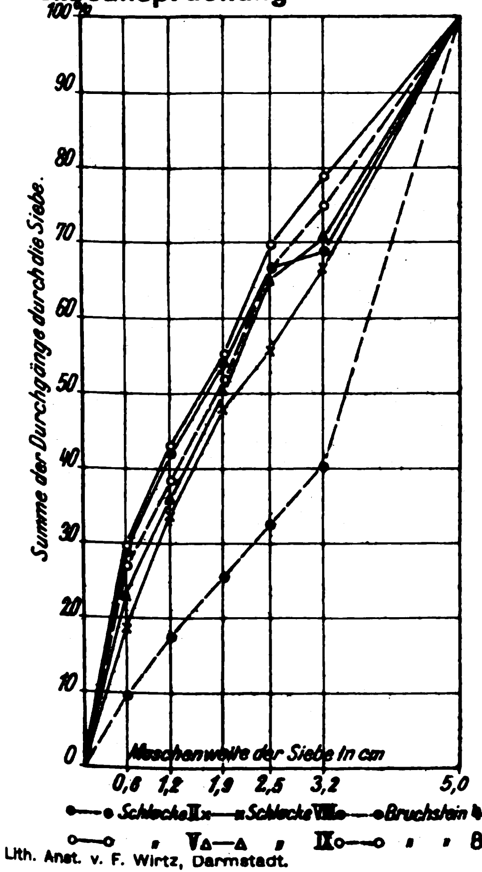
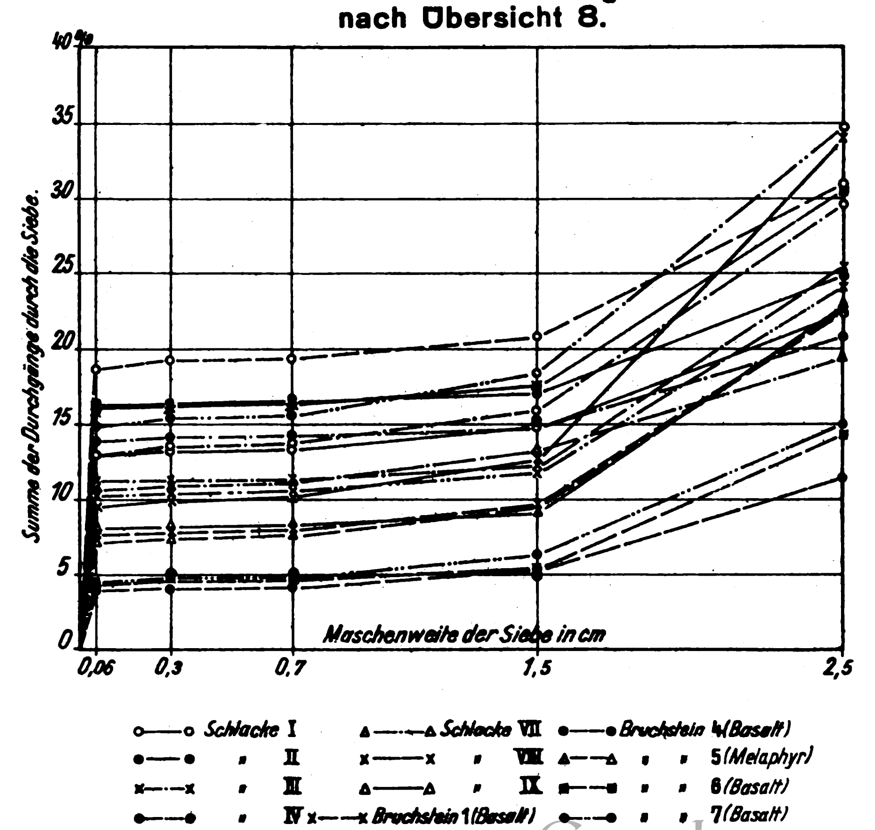


Abb. 4. Darstellung der Ergebnisse der Prüfung auf Kanten und Stoßfestigkeit nach Übersicht 8.



Lith. Anst. v. F. Wirtz, Darmstadt. C. W. Kreidel's Verlag, München.



1927
82. Jahrgang.

Heft 17
15. September

ORGAN
FÜR DIE
FORTSCHRITTE DES EISENBAHNWESENS

TECHNISCHES FACHBLATT DES VEREINS DEUTSCHER EISENBAHNVERWALTUNGEN



HERAUSGEGEBEN VON DR. ING. H. UEBELACKER
C. W. KREIDEL'S VERLAG · MÜNCHEN

Inhalt:

Zur Frage des Reichsoberbaues auf Holzschwellen. Schmitt. 309.
Neue Wege zur Verstärkung des Oberbaues und des Bettungskörpers. Dr. Ing. A. Faatz. 315.
Neuzeitlicher Bockkran für die Unterhaltung von Wagen und Lokomotiven. Dr. Ing. M. Osthoff. 319. — Taf. 34.
Elektrische Beleuchtungsanlage für Hilfsgerätewagen. Dr. Ing. Ludwig Schultheiß. 324.
Ergebnisse aus Indizierversuchen mit Lokomotiven im Leerlauf. 327.
2 D 1 - h 2 Personenzuglokomotive der Pennsylvania Bahn. 328. — Taf. 35.
Majex-Kupplung mit Übergangs-Schraubenkupplung. 328.
Versuchsergebnisse mit der 2 E 1 - h 3 v Lokomotive von Baldwin. 329.

Besprechungen.

Linienführung. 329.
Der Bau langer tiefliegender Gebirgstunnel. 330.
Elektrische Bahnen. 330.
Zuschrift an die Schriftleitung. 330
Berichtigung. 330.

Organ für die Fortschritte des Eisenbahnwesens

Technisches Fachblatt des Vereins Deutscher Eisenbahn-Verwaltungen

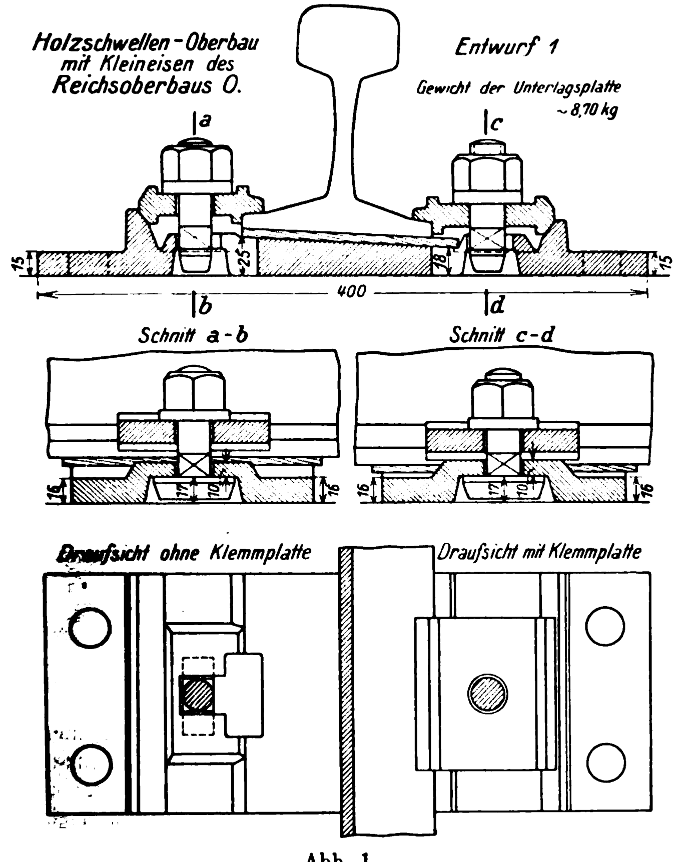
Schriftleitung: **Dr. Ing. H. Uebelacker, Nürnberg,** unter Mitwirkung von **Dr. Ing. A. E. Bloss, Dresden.**

82. Jahrgang | **15. September 1927** | **Heft 17**

Zur Frage des Reichsoberbaues auf Holzschwellen.

Von Geh. Oberbaurat **Schmitt**, München.

Nachdem im Jahre 1923 für Eisenschwellen bei der Deutschen Reichsbahn die Bauformen B und O als Regel eingeführt waren, ergab sich als nächstliegende Aufgabe, auch für Holzschwellen eine Bauform zu finden, bei der zur Erzielung einer einheitlichen und sparsamen Gleiswirtschaft dieselben Schienenbefestigungen wie bei den Eisenschwellen verwandt werden können.



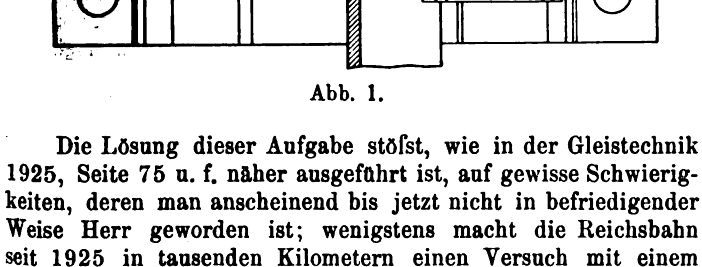


Abb. 1.

Die Lösung dieser Aufgabe stöfst, wie in der Gleistechnik 1925, Seite 75 u. f. näher ausgeführt ist, auf gewisse Schwierigkeiten, deren man anscheinend bis jetzt nicht in befriedigender Weise Herr geworden ist; wenigstens macht die Reichsbahn seit 1925 in tausenden Kilometern einen Versuch mit einem neuen Holzschwellenoberbau, dem Reichsoberbau K.

Die erwähnten Schwierigkeiten lassen sich indessen — wenigstens beim Reichsoberbau O — umgehen und man kann, wie an den vorliegenden beiden Entwürfen (Abb. 1 und 2) gezeigt werden soll, die Schienenbefestigung dieses Oberbaues in durchaus einwandfreier Weise auch auf Holzschwellen übertragen, wie es ähnlich bei den sogenannten Spannplatten-Oberbau der Österreichischen Bundesbahnen der Fall ist.

Beiden Entwürfen ist gemeinsam, dafs der zur Unterbringung des Hakenschraubenkopfes erforderliche Hohlraum — die Schraubenkammer — an der Unterseite der Unterlegplatte durch Herauspressen hergestellt wird, so dafs eine kostspielige Bearbeitung der Unterlegplatte hierfür nicht erforderlich ist.

Bei dem Entwurf Nr. 1 (Abb. 1) wird die Hakenschraube von oben eingesetzt und seitlich in die richtige Lage geschoben. Die Lochung hat demzufolge eine T-förmige Gestalt. Bei dem Entwurf Nr. 2 (Abb. 2) dagegen wird die Hakenschraube genau wie bei dem Reichsoberbau O von oben eingeführt und um 90° gedreht. Die Lochung ist dementsprechend länglich, bedeutend

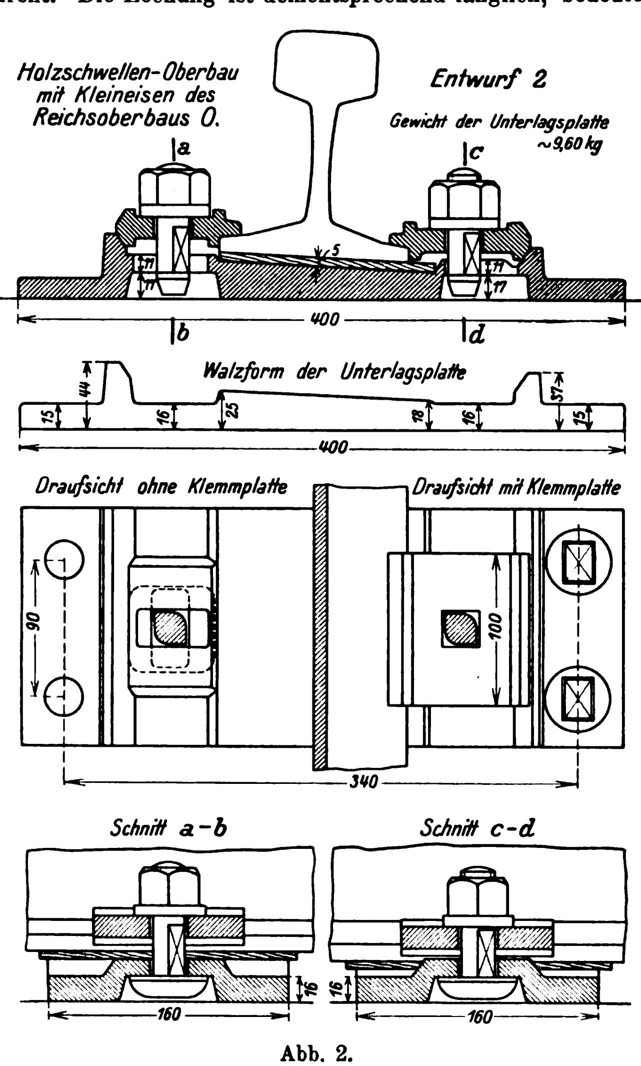


Abb. 2.

kleiner als beim Entwurf Nr. 1 und braucht nicht eckig zu sein, kann vielmehr je nach der Form des Schraubenkopfes mehr oder weniger abgerundet werden.

Bei dem Entwurf Nr. 1 kann die gewöhnliche Hakenschraube verwandt werden; das Vierkant kann dabei sogar entbehrt werden, da der Schraubenkopf sich an die Wandung der Schraubenkammer anlegt und die Schraube schon hierdurch vollständig gegen Drehen gesichert ist.

Im Falle des Entwurfes Nr. 2 mufs der Schraubenschaft statt des Vierkantes mit einem Zweikant versehen werden. Damit wird erreicht, dafs die Hakenschraube nur um die Dicke des Hakens unter die Decke der Schraubenkammer gesenkt

zu werden braucht, um in derselben um 90° gedreht werden zu können. Für die Höhe der Schraubenkammer genügt daher ein Mafs, das etwa 2 mm gröfser ist als die Dicke des Hakens, im vorliegenden Falle also ein Mafs von 17 mm.

Das Zweikant am Schraubenschaft reicht in die Klemmplatte hinein, die zu diesem Zweck quadratisch gelocht ist, wie es bei dem früheren Querrippenschwellen-Oberbau der Reichsbahndirektion Oldenburg auch der Fall war. Beim Anziehen der Mutter ist die Schraube gegen Drehen sowohl in der Lochung der Unterlegplatte wie in derjenigen der Klemmplatte gesichert, gegen selbständiges Zurückdrehen nur durch letztere.

Die Massenherstellung dieser, im Oberbau bisher ungebräuchlichen, im Maschinenbau aber vielfach angewandten Schraube kann keine besondere Schwierigkeiten machen und nicht teurer werden als die der gewöhnlichen Hakenschraube.

Die Unterlegplatte erhält, wenn die Klemmplatten des Reichsoberbaues O unverändert verwandt werden sollen, in beiden Fällen eine Länge von 400 mm gegenüber 395 mm der Rp^{m}-Platte und 345 mm der Rp^{o}-Platte.

Das Gewicht der Platte nach Entwurf Nr. 1 beträgt rund 8,7 kg, dasjenige der Platte nach Entwurf Nr. 2 rund 9,6 kg, während die Rp^{m}-Platte nach dem Entwurf 1925 . . . . 11,92 kg, nach dem Entwurf 1926 . . . 11,50 kg, die Rp^{o}-Platte 10,17 bzw. 9,54 kg wiegt.

Die hier vorgeschlagenen Platten sind also nicht schwerer als die Rp^{o}-Platte und beträchtlich leichter als die Rp^{m}-Platte.

In der Massenherstellnng werden sie aber, da keine kostspielige Bearbeitung erforderlich ist, voraussichtlich erheblich billiger werden.

Wie bei dem Reichsoberbau O können mit den beiden wendbaren Klemmplatten alle vorkommenden Spurweiten ohne weiteres hergestellt werden, so dafs also sowohl in den Geraden wie in den Krümmungen mit derselben Unterlegplatte und ohne besonderes Kleineisen für die Spurerweiterungen auszukommen ist.

Beide Vorschläge entsprechen allen seinerzeit für den neuen Holzschwellenoberbau aufgestellten Bedingungen:

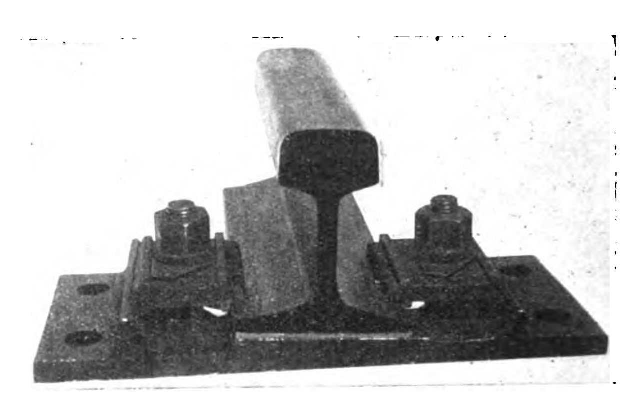
die Unterlegplatten sind gewalzt;
die Spurerweiterung wird lediglich durch Verschieben der Schiene auf der Platte hergestellt;
die zur Schienenbefestigung dienenden Schrauben können von oben in die Platte eingesetzt werden;
die Schrauben können ohne Lösen der Plattenbefestigung ausgewechselt werden und
die Köpfe der Hakenschrauben ragen nicht in die Schwellenoberfläche hinein.

Sämtliche Schwellen haben eine einheitliche Bohrung und können bereits auf der Tränkanstalt vor dem Tränken gebohrt und mit den Unterlegplatten versehen werden.

Eine Durchlochung der Unterlegplatte, wie sie hier bei beiden Entwürfen vorgesehen ist, wird neuerdings als unerwünscht angesehen; der Grund dafür wird wohl in der Befürchtung zu suchen sein, dafs Feuchtigkeit und Schmutz durch die Lochung eindringen, dabei unter die Platte gelangen und hier vielleicht eine vorzeitige Zerstörung des Holzes durch Fäulnis begünstigen können.

Dieser Einwand kann gegen die hier vorgeschlagenen Platten nicht erhoben werden, da die Lochungen einerseits durch die 100 mm langen Klemmplatten vollständig abgedeckt sind und anderseits die Lochränder höher liegen als ihre Umgebung, so dafs keine Feuchtigkeit eindringen kann. Eine Schwächung der Platte durch die Lochungen tritt nicht ein, da die Platte durch das Hochpressen der Schraubenkammern eher noch verstärkt wird. Die Auflagerfläche auf der Schwelle ist bei beiden Platten selbst nach Abzug der Schraubenkammern noch gröfser als diejenige der Rp^{o}-Platte; sie sind also auch in dieser Beziehung günstiger als diese.

Wenn übrigens das Lochen der Unterlegplatten aus den angedeuteten Gründen für so bedenklich gehalten wird, dann müfsten diese Bedenken auch gegen den Reichsoberbau K geltend gemacht werden, da hier die Stofsunterlegplatten mit einer 12 × 13,8 cm grofsen Lochung versehen sind, durch die die Platten nicht unerheblich geschwächt werden und durch die Schmutz und Feuchtigkeit ungehindert eindringen können. Hier wäre es doch von besonderer Wichtigkeit, alles zu vermeiden, was die Lebensdauer dieses, den stärksten Angriffen ausgesetzten Oberbauteils beschränken könnte.





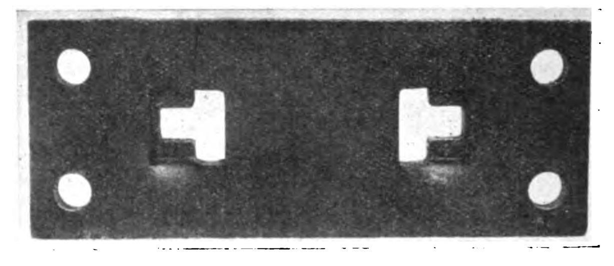


Abb. 3.

Die genaue Herstellung der Unterlegplatten — namentlich das saubere Herauspressen und Lochen der Schraubenkammern — setzt eine gewisse Erfahrung in solchen Arbeiten voraus; dafs sie aber den damit vertrauten Werken keine Schwierigkeiten macht, zeigen die Lichtbilder (Abb. 3) eines Versuchsstückes nach Entwurf Nr. 1, das erkennen läfst, dafs die Platten allen billigen Anforderungen entsprechend hergestellt werden können.

Das Pressen und Lochen geschieht in rotwarmem Zustand in einem Arbeitsvorgang von der Unterseite der Platten aus, wobei diese in genau passenden Matrizen liegen. Formänderungen und Verdrückungen werden dadurch ausgeschlossen und die Gefahr, dafs später, von den Lochungen ausgehend, Rifsbildungen auftreten, die die Lebensdauer der Platten ungünstig beeinflussen könnten, ist durch diesen Arbeitsvorgang vollständig vermieden; denn die Lochleibungen erleiden bei dieser Schienenbefestigung keinerlei Druckbeanspruchung durch den Seitendruck der Schiene, da dieser durch die Klemmplatten unmittelbar von der Schiene auf die Anschlagleiste der Unterlegplatte übertragen wird.

Gegen beide Entwürfe könnte ferner vielleicht eingewandt werden, dafs das Auswechseln der Hakenschrauben erschwert werde, wenn die Unterlegplatten sich mit der Zeit um ein gröfseres Mafs in das Schwellenholz eingedrückt haben. Die Erfahrungen, die mit ähnlichen Unterlegplatten mit getrennter Schienen- und Plattenbefestigung bei den Österreichischen

Bundesbahnen und der Reichsbahndirektion Oldenburg seit etwa 18 Jahren gemacht worden sind (die österreichische Platte ist 354 mm, die Oldenburger 334 m lang), lehren, dafs die Platten bei diesen Bauarten im Betriebe sich nur wenig in das Schwellenholz eindrücken, namentlich dann, wenn auch die Schwellenschrauben, wie bei dem Oldenburger Oberbau, ebenfalls mit geeigneten Spannmitteln versehen werden, ein Mittel, auf das Bräuning auf Grund von Versuchen schon 1908 nachdrücklich hingewiesen hat. Die in einem Aufsatze der »Gleistechnik« 1927, Seite 106 für den Reichsoberbau K ausgesprochene Vermutung, dafs die Holzschwellen am Schienenlager die gleiche Lebensdauer wie in ihren übrigen Teilen haben werden, findet hier — wenn vielleicht auch nicht in vollem Umfange — ihre Bestätigung. Von den vorgeschlagenen Unterlegplatten aber darf das um so eher erwartet werden, als sie noch um 5 bzw. 55 mm länger sind als die Rp-Platten und die Schwellenschrauben einen um die gleichen Mafse gröfseren Abstand haben.

Was die Schienenbefestigung selbst betrifft, so kann es keinem Zweifel unterliegen, dafs die der hier vorgeschlagenen Bauarten derjenigen des Reichsoberbaues K zum mindesten gleichwertig, wenn nicht überlegen sind. Es sind daher auch früher schon von anderer Seite — vergl. Organ 1925, S. 507 und Organ 1926, S. 125 — Vorschläge gemacht worden, die Schienenbefestigung des Reichsoberbaues K durch diejenige des Reichsoberbaues O zu ersetzen.

Bei dem Reichsoberbau K ist zwischen dem Schienenfufs und den beiden Rippen ein Spielraum von 3 mm — im neuesten Entwurf 2 mm — vorgesehen. Dazu kommen die Toleranzen, die für den Schienenfufs und die Platten zugestanden sind. Unter Umständen ist also mit einem Spielraum von 3 bis 4 mm zu rechnen. Dies trifft namentlich bei den Rp^{m}-Platten zu, bei denen die losen Beilagen noch zwischen den Rippen und dem Schienenfufs Platz finden müssen.

Die hochbeinigen Bügel, die man wohl kaum als »Klemmplatten« bezeichnen kann, haben für den Zweck, dem sie dienen sollen, insofern keine sehr günstige Form, als der Druck der Schraube unvermittelt auf die Unterlegplatte wirkt, und dadurch hier Abnutzungen begünstigt werden, während sowohl bei der Badischen, wie bei der Oldenburger Klemmplatte dieser Druck durch eine gewisse Federung der Platten gemildert wird. Die Bügel können den Schienenfufs nur in senkrechter Richtung festhalten, während einer seitlichen Verschiebung der Schiene innerhalb der angegebenen Grenzen nur die durch den Schraubendruck erzeugte Reibung entgegenwirkt. Tritt eine Lockerung der Schrauben ein, so hindert die Schiene nichts daran, sich zwischen den Rippen seitlich zu bewegen. Notwendigerweise mufs dieser Umstand bei einer Lockerung der Schrauben das Wandern der Schiene begünstigen und sich in einem Verschleifs zwischen der Schiene und den Rippen geltend machen. Die Verhältnisse liegen in dieser Beziehung ähnlich so wie bei den früheren offenen Unterlegplatten, und die Zeit mufs erst lehren, ob nicht auch ähnliche Erfahrungen wie dort gemacht werden.

Jedenfalls ist es etwas zuviel behauptet, wenn in einem Aufsatze der »Gleistechnik« 1927, S. 116 von dem Reichsoberbau K gerühmt wird, dafs »die zwischen den Rippen schlüssig geführten, durch beiderseitige Klemmplatten festverspannten Schienen mit den Schwellen gleichsam ein festgefügtes Rahmenwerk bilden. Das Wandern ist deshalb ausgeschlossen; die kostspieligen Wanderklemmen kommen somit in Wegfall.« Denn von einer festen Verspannung der Schienen innerhalb der Rippen und einem festgefügtem Rahmenwerk kann hier nicht die Rede sein. Ob jene Vermutungen tatsächlich eintreffen werden, mufs die Erfahrung noch lehren.

Bei der Schienenbefestigung des Reichsoberbaues O liegen diese Verhältnisse günstiger; denn durch das Anziehen der Schrauben werden die Klemmplatten fest zwischen den Schienenfufs und die Anschlagleisten eingeklemmt und legen die Schiene nicht nur in senkrechter, sondern auch in wagrechter Richtung vollständig fest, einerlei, ob kleine Abweichungen von den vorgeschriebenen Mafsen der Oberbauteile vorhanden oder ob kleine Abnutzungen hier eingetreten sind. Hier findet also tatsächlich eine kraftschlüssige Verbindung zwischen Schiene und Unterlegplatte statt, und selbst wenn eine Lockerung der Schrauben eintritt, ist die Schiene dennoch in wagrechter Richtung festgelegt.

Das ist der Grund, weshalb diese Schienenbefestigung den besten Wanderschutz bildet, wie es die Erfahrungen derjenigen Verwaltungen bestätigen, die diese Schienenbefestigung eingeführt haben. Die erheblich längeren Klemmplatten tragen wesentlich zu diesem Erfolg mit bei.

Die Herstellung der Spurerweiterungen in gekrümmten Gleisen mittelst der losen Beilagen auf beiden Seiten des Schienenfufses ist offenbar ein schwacher Punkt des Reichsoberbaues K. Es ist daher verständlich, dafs in Aussicht genommen ist, die mit Spurerweiterung zu versehenden Gleise dadurch zu vermindern, dafs die Spurweite allgemein von 1435 mm auf 1441 mm erweitert wird.

Wenn auch zuzugeben ist, dafs mit dem Beginn der Spurerweiterung in Krümmungen wohl wird heruntergegangen werden können, dürfte doch die allgemeine Erweiterung der Normalspur um 6 mm kaum auf keine Zustimmung der Fachwelt zu rechnen haben. Diese Frage ist wiederholt bei verschiedenen Anlässen (Neufassung der Bau- und Betriebsordnung, der Technischen Einheit und der Technischen Vereinbarungen) zur Erörterung gestellt, eine Änderung der Normalspur von 1435 mm aber immer abgelehnt worden; in den Technischen Vereinbarungen ist dieses Mafs sogar bindend vorgeschrieben, und auch der Deutsche Oberbau-Ausschufs hat sich noch neuerdings gegen eine derartige Mafsnahme ausgesprochen.

Es müssen also doch wohl triftige Gründe vorliegen, dieses Mafs beizubehalten und der Umstand, dafs es erwünscht ist, den Bedarf an den schweren Rp^{m}-Platten tunlichst einzuschränken, dürfte allein als hinreichender Grund für eine derartig tief eingreifende Mafsnahme kaum anzusehen sein.

Nicht viel anders können die jetzt eingeleiteten grofsen Versuche beurteilt werden, auf die Eisenschwellen die Rp-Platten aufzuschweifsen, um auf diese Weise zu einer einheitlichen Schienenbefestigung für Holz- und Eisenschwellen zu gelangen, was aufserdem nicht einmal erreicht wird, da der K-Oberbau für Gleise mit und ohne Spurerweiterung nur die gleiche Schraube hat. Das elektrische Schweifsen ist bekanntlich eine ganz individuelle Arbeit, die grofse Erfahrung, Sachkenntnis und Sorgfalt erfordert und in ihrem Erfolg nicht nachgeprüft werden kann. Über eine längere Bewährung solcher aufgeschweifster Oberbauteile liegen bisher keine ausreichenden Erfahrungen vor; es erscheint danach doch nicht so ganz sicher, ob die Erwartungen, die an dieses Verfahren geknüpft werden, sich tatsächlich erfüllen werden, und ob die aus sprödem Stoff bestehenden Schweifsnähte unter den Einwirkungen des Betriebes eine dauernd feste Verbindung zwischen der Unterlegplatte und der Schwelle gewährleisten.

Die Beschaffung der Eisenschwellen wird aufserdem durch die aufzuschweifsenden Platten und das Aufschweifsen selbst erheblich verteuert, ohne dafs eine Verbesserung oder Verstärkung des Gleises damit erreicht wird; die Schwellendecke soll sogar von 11 mm auf 9 mm verschwächt werden. Wenn solche Mehrkosten für den eisernen Oberbau aufgewandt werden sollen, dann erscheint es wirtschaftlicher, sie auf die Verstärkung des Gleises zu verwenden. Das Mehrgewicht der Unterlegplatten und die Kosten des Aufschweifsens würden eine namhafte Verstärkung der Schwellen gestatten, und damit würde eine sehr erwünschte Verstärkung des Gleises erreicht werden.

Wenn zur Begründung der den Eisenschwellen aufgeschweifsten Unterlegplatten etwa darauf hingewiesen wird, dafs

damit das Lochen der Schwellen vermieden und ihre Lebensdauer verlängert wird, so kann diese Begründung als zutreffend angesehen werden, soweit dabei an die Schwellen der bisherigen Bauarten gedacht wird, bei denen die Leibungen der mehr oder weniger viereckigen Lochungen den Seitendruck der Schiene aufzunehmen haben. Die Erfahrung hat gelehrt, dafs schon bei dem kalten Lochen vielfach feine Anrisse auftreten, die sich dann im Betriebe bald erweitern und früher oder später die vorzeitige Auswechslung der Schwelle notwendig machen.

Ganz anders liegen diese Verhältnisse bei den Querrippenschwellen, die in rotwarmem Zustand gelocht werden, deren Lochungen eine vollständig abgerundete Form haben, und bei denen die Lochleibungen keinerlei Druck auszuhalten haben. Hier treten jene Rifsbildungen nicht auf, die den Schwellen gefährlich werden könnten. Bei diesen Schwellen können also Bedenken gegen die Lochungen nicht geltend gemacht werden.

Zusammenfassend kann nach dem vorher Gesagten behauptet werden, dafs mit den vorliegenden Vorschlägen ein einheitlicher Oberbau für Eisen- und Holzschwellen und für gerade und gekrümmte Gleise zu erreichen ist, der an Zweckdienlichkeit, Einfachheit und Wirtschaftlichkeit von dem Reichsoberbau K jedenfalls nicht übertroffen wird, und dafs Versuche mit den vorgeschlagenen Unterlegplatten für Holzschwellen wohl angezeigt erscheinen möchten, um so mehr, als Lizenzgebühren dabei nicht in Frage kommen.

Die vorliegenden beiden Entwürfe beanspruchen nicht als endgültig angesehen zu werden; sie wollen nur den Weg andeuten, auf dem vielleicht eine brauchbare Lösung gefunden werden kann. Die Einzelheiten können erst nach dem Ergebnis von Prefsversuchen festgestellt werden.

Nach Mitteilungen in der Fachpresse plant die Deutsche Reichsbahn in Zukunft Spurerweiterung nur noch in Krümmungen unter 300 m vorzunehmen. Wenn es sich dabei um ein endgültige Mafsnahme handelt, und man sich für die Krümmungen mit Spurerweiterung — wie beim Reichsoberbau K — mit einem besonderen Oberbau abfinden will, dann sind die Bedingungen für Oberbau damit wesentlich vereinfacht.

Es liegt dann die Frage nahe, ob die beiden Schrauben, die bisher für die Regelung der Spurweite unumgänglich waren, noch unbedingt erforderlich sind, und ob nicht beispielsweise auch mit einer verbesserten Hakenplatte ein einwandfreier Oberbau zu erzielen ist.

Über die Mängel des bisherigen Hakenplatten-Oberbaues bestehen keine Zweifel, sie sind in dem Aufsatz des Herrn Direktor Buchholz in der »Gleistechnik«, Jahrgang 1927, Heft 7 und 8 durchaus zutreffend auseinandergesetzt: einerseits zeigt dieser Oberbau keinen festen Schlufs zwischen Haken und Schienenfufs, anderseits ist die einzige Schwellenschraube an der Innenseite der Schiene nicht imstande gleichzeitig die Schiene mit der Unterlagsplatte und diese mit der Schwelle dauernd fest zu verbinden; aufserdem ist die Klemmplatte verbesserungsfähig.

Diese Mängel lassen sich aber, wie der Oberbau der Österreichischen Südbahn 1902/10 und der Hakenplattenoberbau der Reichsbahndirektion Oldenburg von 1909/12 zeigen, durch eine bessere Ausbildung des Hakens und durch Trennung der Schienen- und Plattenbefestigung unschwer beseitigen.

Durch besonderes Nachpressen kann der Haken in durchaus befriedigender Weise so geformt werden, dafs er den Schienenfufs mit der für diesen zugelassenen Toleranz von 0,5 mm genau umfafst, eine Arbeit, die von der Reichsbahndirektion Oldenburg seinerzeit mit 5 ℳ/t vergütet worden ist.

Bei der Trennung der Schienen- und Plattenbefestigung tritt allerdings eine gewisse Schwierigkeit auf, wenn die Klemmschraube soll ausgewechselt werden können, ohne dafs die Hakenplatte von der Schwelle gelöst zu werden braucht.

Bei beiden Oberbauten ist das nicht der Fall.

Bei dem oldenburgischen Oberbau ist der flache Kopf der Schraube, wie aus Abb. 4 ersichtlich, in die Schwelle eingelassen. Für die Erhaltung der letzteren hat das nach den bisherigen 18jährigen Erfahrungen nicht das geringste Bedenken; die in dieser Beziehung verschiedentlich ausgesprochenen Befürchtungen sind ganz unbegründet.

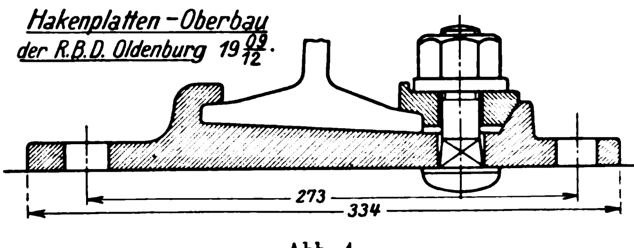


Abb. 4.

Es besteht aber der Übelstand, dafs die Schraube ohne Lösen der Hakenplatte nicht ausgewechselt werden kann, wenn die Notwendigkeit hierfür auch verhältnismäfsig selten eintritt.

Davon abgesehen hat sich dieser Oberbau seit 1909 in jeder Beziehung durchaus bewährt. Durch regelmäfsig wiederholte Messungen ist festgestellt, dafs dieser Oberbau nicht wandert; die Messungen sind, da das Ergebnis immer das gleiche war, vor einem Jahre eingestellt worden. An den Mittelschwellen kann kein Verschleifs der Haken festgestellt werden. Die Klemmplatten sitzen meist so fest zwischen dem Schienenfufs und der Anschlagleiste der Hakenplatte, dafs sie beim Lösen der Schienenbefestigung mit einem Meifsel losgekeilt werden müssen. Die Hakenplatten haben sich im Mittel nur etwa 2 mm in das Schwellenholz eingedrückt; sogar der ursprüngliche Teeranstrich unter den Platten ist gröfstenteils noch erhalten, ein Beweis dafür wie fest die Platten mit den Schwellen verbunden sind, und dafs die Erwartungen, die man von der getrennten Schienen- und Plattenbefestigung hegt, durchaus berechtigt sind.

Nach diesen Erfahrungen — und ähnliche sind u. W. mit dem Oberbau der Österreichischen Südbahn gemacht, obgleich hier der Abstand der Schienennägel bzw. Schwellenschrauben gröfser sein müfste — dürfte eine verbesserte Hakenplatte auch für den Holzschwellenoberbau der Reichsbahn in Betracht kommen, wenn die obenerwähnten Mängel gründlich beseitigt und insbesondere für die Möglichkeit des Auswechselns der Schraube gesorgt wird.

Zwei Lösungen dieser Art sind in den Entwürfen 3 und 4 (Abb. 5 und 6) dargestellt.

Der Haken sitzt wie bei der bayerischen und sächsischen Hakenplatte an der Innenseite der Schiene; die auf der Aufsenseite befindliche Schraubenkammer wird in der bei den obigen Entwürfen 1 und 2 näher beschriebenen Weise durch Pressen hergestellt, und die Hakenschrauben können wie dort angegeben ausgewechselt werden, ohne dafs die Hakenplatte von der Schwelle gelöst zu werden braucht.

Die wendbare Klemmplatte ist oben 2 bis 3 mm breiter als unten. Durch Anziehen der Schraube wird die Schiene in den Haken geprefst und festgeklemmt. Kleine Ungenauigkeiten in den Abmessungen der Schiene und der Hakenplatte lassen sich durch geringe Neigung der Klemmplatte berichtigen; gröfseren Abweichungen und mit der Zeit etwa auftretenden Abnutzungen am Schienenfufs oder dem Haken könnte man in derselben Weise begegnen, indem man die Klemmplatte wendet, so dafs die breitere Seite nach unten zu liegen kommt. Ein nachträgliches Aufarbeiten der Klemmplatten wird damit voraussichtlich entbehrlich.

Bei dem Entwurf 3 mufs die Hakenschraube — wie bei Entwurf 2 — mit einem Zweikant versehen und die Klemmplatte quadratisch gelocht sein, während bei dem Entwurf 4

die runde Lochung genügt und die gewöhnliche Hakenschraube mit oder ohne Vierkant verwendet werden kann.

Von besonderer Wichtigkeit ist natürlich die Ausbildung des Stofses. Bei dem mehrerwähnten oldenburgischen Oberbau ist — wohl zum ersten Male — die durchgehende Stofsplatte mit einer 100 mm breiten Aussparung in der Mitte verwandt worden, um dadurch die Möglichkeit zu schaffen, dafs die beiden Schienenenden sich wie beim schwebenden Stofs frei durchbiegen können.

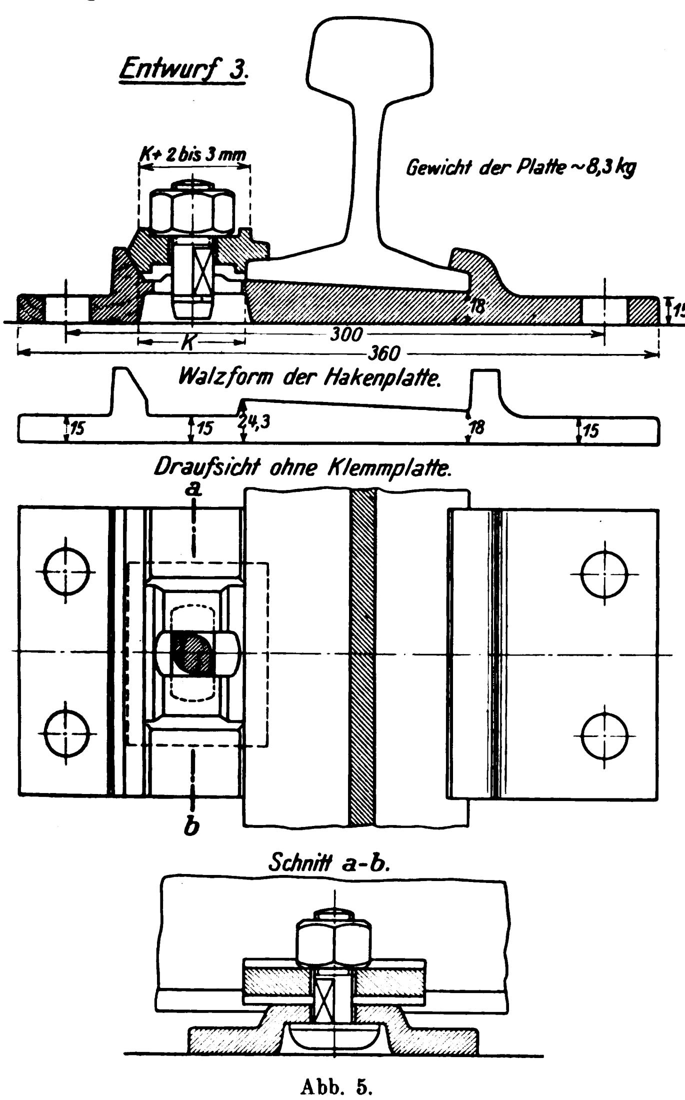


Abb. 5.

Die Erwartungen, die man in diese Stofsausbildung gesetzt, scheinen sich indessen nicht in vollem Mafse zu erfüllen insofern, als sich an den Haken der Stofsplatten, im Gegensatz zu denjenigen der Mittelschwellen, ein gewisser Verschleifs bemerkbar macht, der wahrscheinlich darauf zurückzuführen ist, dafs jene Haken nur 120 mm lang sind, und dieses Mafs den besonders starken Beanspruchungen am Stofs nicht genügt.

Gegebenenfalls wird daher zu prüfen sein, ob dem kombinierten festen und schwebenden Stofs, den auch der Reichsoberbau K zeigt, nicht eine Ausbildung nach dem Vorbild des bayerischen Brückenstofses vorzuziehen ist. Da hierbei die Schienenenden voll auf der Stofsplatte aufliegen, und der Haken in der ganzen Länge derselben durchläuft, dürfte diese Ausbildung sich nach den in Bayern gemachten Erfahrungen wahrscheinlich mehr empfehlen.

Die Hakenplatten für Mittelschwellen nach beiden Entwürfen wiegen etwa 8,3 kg bzw. 8,4 kg, sind also etwa 1,24 kg bzw. 1,14 kg leichter als die Rp°-Platten.

Die für ihre Herstellung erforderlichen Betriebseinrichtungen sind in den einschlägigen Werken vorhanden, und da der Arbeitsvorgang verhältnismäfsig einfach und nicht besonders kostspielig ist, wird angenommen werden dürfen, dafs diese Hakenplatten billiger herzustellen sind als die gefräfsten Rp°-Platten.

Da aufserdem die Hälfte der Hakenschrauben mit ihren Spannmitteln sowie die Hälfte der Klemmbügel (Klemmplatten) wegfällt, wird dieser verbesserte Hakenplattenoberbau in der Beschaffung sich wesentlich billiger stellen als der Reichsoberbau K.

Selbst wenn angenommen wird, dafs die Hakenplatten ebenso teuer werden wie die Rp-Platten, stellt sich dieser verbesserte Hakenplattenoberbau nach überschläglicher Ermittlung und den derzeitigen Preisverhältnissen bei der Gruppenverwaltung Bayern rund 2100 ℳ. für den Kilometer billiger als der Reichsoberbau K. Auch die Einbaukosten dürften sich voraussichtlich niedriger stellen. Mit Sicherheit aber ist mit geringeren

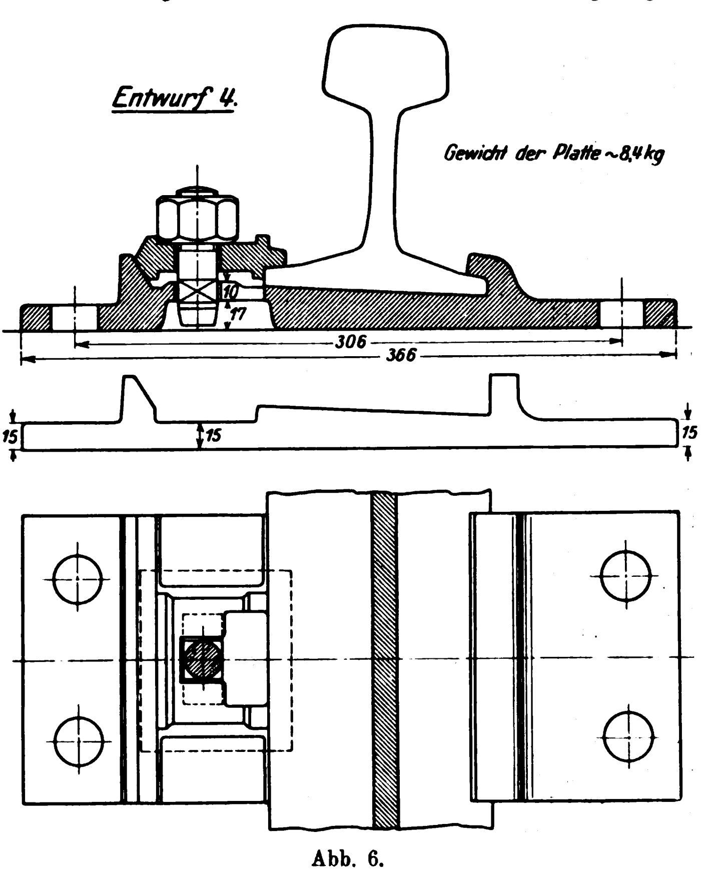


Abb. 6.

Unterhaltungskosten zu rechnen, da nur die Hälfte der Hakenschrauben, Spannmittel und Klemmplatten in Frage kommt, und die Schienen fester mit den Schwellen verbunden sind, als es bei dem K-Oberbau möglich ist.

Eine Spurerweiterung kommt nach der von der Reichsbahn geplanten Mafsnahme nur noch in den Krümmungen von 300 m bis 180 m Halbmesser in Betracht; sie beträgt nach der bisher gebräuchlichen Regelung etwa 6 bis 7 mm.

Auch für solche Gleise liefse der Hakenplatten-Oberbau sich entsprechend umgestalten und verbessern.

Für grade und schwach gekrümmte Gleise ist es von keiner wesentlichen Bedeutung, ob der Haken an der Innenseite der Schiene oder aufsen angebracht wird; für beide Anordnungen lassen sich Gründe geltend machen. Für stärker gekrümmte Gleise dagegen dürfte sich des auftretenden Seitenschubes wegen mehr empfehlen den Haken aufsen anzubringen.

In dem Entwurf 5 (Abb. 7) ist der Haken daher aufsen angebracht und derart ausgebildet, dafs neben und über dem Schienenfufs zur Spurregelung eine wendbare Einlage — ähnlich wie beim K-Oberbau — Platz findet, die in Verbindung mit der wendbaren Klemmplatte eine Spurerweiterung in drei Stufen von je 2 bis 3 mm ermöglicht.

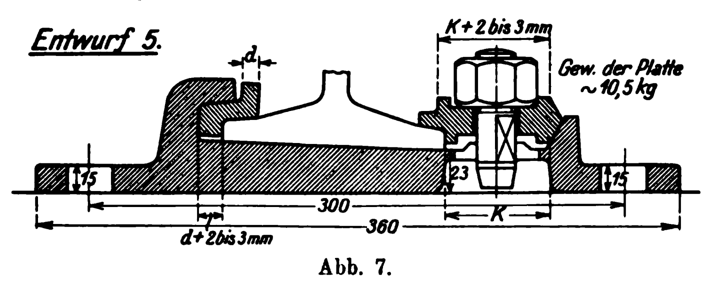


Abb. 7.

Die Hakenplatte wird zwar dadurch, dafs der Haken aufsen liegt, etwa 1,5 kg schwerer, als wenn er auf der Schieneninnenseite läge; immerhin bleibt sie mit ihrem Gewicht von rund 10,5 kg noch etwa 1 kg unter demjenigen der Rp^{m}-Platte.

Unter der obigen Annahme wird dieser Oberbau mit Spurerweiterung rund 2670 ℳ für den Kilometer in der Beschaffung billiger als der Rp^{m}-Oberbau, und in gleicher Weise wie bei dem obigen Hakenplattenoberbau vermindern sich die Einbau- und Unterhaltungskosten.

Durch die hier vorgeschlagene Schienenbefestigung wird die Schiene nicht nur in senkrechter sondern auch in wagrechter Richtung festgehalten und kann durch Anziehen der Hakenschraube nachgespannt werden. Darin unterscheidet diese Schienenbefestigung sich in vorteilhafter Weise von der des Reichsoberbaues K und bietet Gewähr dafür, dafs der Oberbau dem Wanderschub hinreichenden Widerstand leistet, auch ohne dafs dazu Zwischenlagen von Holz oder dergleichen zu Hilfe genommen werden, die bei diesem Oberbau keine Verwendung finden können.

Da der Hakenplattenoberbau mit getrennter Schienen- und Plattenbefestigung — wie schon ausgeführt — an sich nichts grundsätzlich Neues darstellt und sich in ausreichendem Umfange bereits bei der Österreichischen Südbahn und der Reichsbahndirektion Oldenburg sogar in nicht ganz einwandfreier Ausbildung bewährt hat, dürften Versuche mit den hier vorgeschlagenen Verbesserungen um so mehr angezeigt sein, als damit im Vergleich mit dem Reichsoberbau K ganz wesentliche Ersparungen in der Beschaffung sowohl wie in der Unterhaltung erzielt werden und Lizenzgebühren auch bei diesen Vorschlägen nicht in Frage kommen.

Anschliefsend sei hier noch auf einige Punkte hingewiesen, die für eine Verbesserung des Oberbaues von Bedeutung sind.

In der jetzt vorliegenden Form ist der Reichsoberbau O s. Zt. aus den Beratungen des Deutschen Oberbau-Ausschusses hervorgegangen. Obwohl der Oberbau für Holzschwellen damals noch nicht zur Erörterung stand, wollte man vorsichtigerweise für Eisenschwellen keine Schienenbefestigung festlegen, deren Verwendung später bei Holzschwellen vielleicht auf Schwierigkeiten stofsen könnte. Bei den Beratungen im Oberbauausschufs wurde daher zur Bedingung gemacht, dafs der Abstand der Hakenschraube von den Querrippen ein festes Mafs haben solle (38 mm). Man nahm dabei an, dafs bei Verwendung der gleichen Schienenbefestigung auf Holzschwellen diese dann eine einheitliche Bohrung erhalten könnten. Lediglich aus diesem Grunde haben die Klemmplatten eine Lochung erhalten, die durch die Belange der Eisenschwellen nicht bedingt ist.

So kommt es, dafs der Abstand der Hakenschrauben vom Schienenfufs bei den beiden Klemmplatten ungleich ist und demzufolge auch der Druck, der von diesen auf den Schienenfufs ausgeübt wird. Das ist offenbar ein Mangel dieses Oberbaues, den man unbedingt beseitigen sollte, da kein Grund vorliegt, an der erwähnten Forderung für die Stellung der Hakenschrauben noch länger festzuhalten. Damit die Schiene beiderseits gleich stark niedergehalten wird, was unbedingt erforderlich ist, müssen die Klemmplatten mittig gelocht werden, wie es bei dem früheren Querrippenschwellen-Oberbau der Reichsbahndirektion Oldenburg der Fall war.

Die mittige Lochung der Klemmplatten läfst sich, wie aus den Zeichnungen ersichtlich, bei beiden Vorschlägen in Abb. 1 und 2 durchführen, und es ist bei beiden zu erreichen, dafs das gesamte Kleineisen für beide Schwellenarten vollständig übereinstimmt, was im Hinblick auf eine einheitliche Gleiswirtschaft gefordert werden mufs.

Zur Erhaltung einer guten Gleislage und Verminderung der Unterhaltungskosten ist weiter unbedingt erforderlich, dafs die Laschen- und Hakenschrauben — besser auch noch die Schwellenschrauben — durch kräftige und sicher wirkende Spannmittel gegen Lockerung gesichert werden.

Diesen Zweck erfüllen die Doppelfederringe in ihrer jetzigen Form nur sehr unvollkommen. Ihre Spannkraft von etwa 600 kg ist viel zu gering und die Herstellungsweise bringt es mit sich, dafs sie den an sie zu stellenden Anforderungen nicht genügen. Der Walzstab wird zuerst kalt um einen verhältnismäfsig dünnen Kern gewickelt. Dabei werden die äufseren Fasern derart gestreckt und die inneren gestaucht, dafs der ursprünglich trapezförmige Querschnitt eine rechteckige Form annimmt. Hierbei und bei dem nachfolgenden, gewaltsamen Knicken erleidet der Stoff eine Überanstrengung, die durch die nachträgliche Wärmebehandlung wohl kaum wieder gut gemacht werden kann. So erklärt es sich, dafs im Betriebe so aufserordentlich viele Federringe brechen; ist es doch im Bezirk der Reichsbahndirektion Oldenburg vorgekommen, dafs von einer gröfseren Lieferung etwa 40 v. H. gleich beim Einbauen gebrochen sind, abgesehen von den Brüchen, die nachher noch unter dem Betriebe vorgekommen sind.

Ein weiterer Mangel der Federringe mufs darin erblickt werden, dafs die freien Enden oft messerscharf auslaufen; sie setzen sich infolgedessen in die Mutter oder die Unterlage so fest ein, dafs der Federring beim Zurückdrehen der Mutter einfach aufgewickelt wird und bricht.

Grundsätzlich ist überhaupt zu bemängeln, dafs der wertvolle, in den Federringen steckende Federstahl nicht genügend zur Erzielung einer guten Federung ausgenützt wird. Denn die Spannkraft beruht allein auf der Streckung des kurzen geknickten Teiles, während der ganze übrige Ring an der Spannung unbeteiligt ist und nichts dazu beiträgt.

Viel günstiger und zuverlässiger in dieser Beziehung wirken gebogene Platten aus hochwertigem Federstahl, wie sie beispielsweise seit vielen Jahren und in grofsem Umfange bei der Reichsbahndirektion Oldenburg mit bestem Erfolg verwandt werden. Bei ihnen beruht die Spannkraft auf der elastischen Formänderung der ganzen Platte; die Spannkraft ist daher bedeutend höher als die der Federringe und beträgt zwischen 1500 und 2000 kg, je nachdem die Dicke zwischen 3,5 und 4 mm gewählt wird.

Selbst in gebrochenem Zustand besitzen diese Spannplatten noch eine gewisse Spannung, während ein gebrochener Federring oft schlimmer ist, als wenn er ganz fehlte. Die gespannten Spannplatten sind aufserdem nur etwa 4 mm hoch, also um etwa 8 mm niedriger als die Doppelfederringe; um dieses Mafs können also alle zu spannenden Schrauben kürzer gehalten und billiger hergestellt werden.

Wegen des häufigen Brechens sind die Doppelfederringe ziemlich zwecklos und aufserordentlich unwirtschaftlich; ihre Verwendung dort, wo Pappelholzplättchen oder andere Zwischenlagen verlegt werden, die sich unter dem Betriebe stark zusammenpressen, mufs geradezu als bedenklich bezeichnet werden.

Wenn es nicht gelingt, die Doppelfederringe in dieser Beziehung wesentlich zu verbessern oder ein anderes geeignetes Spannmittel für die Schrauben zu finden, würden wesentlich bessere Erfolge mit Spannplatten zu erzielen sein.

Von Bedeutung für die Erhaltung eines guten Oberbaues sind ferner geeignete Zwischenlagen zwischen der Schiene und der Eisenschwelle bzw. den Unterlagsplatten; sie sind ein Mittel den Verschleifs dieser Oberbauteile und unter Umständen auch das Wandern zu vermindern.

Ob es richtig ist, von diesen Zwischenlagen eine gewisse Elastizität zu verlangen, in der Absicht dadurch ein ruhigeres Befahren des Oberbaues zu erreichen, mufs bezweifelt werden, weil dadurch eine Beweglichkeit in den Oberbau gebracht wird, die durchaus unerwünscht ist und nur das Wandern der Schiene begünstigt.

Wenn ein Oberbau dem Wanderschub widerstehen soll, mufs die Verbindung zwischen Schiene und Schwelle so beschaffen sein, dafs sie die unter dem Überrollen der Betriebslasten auftretenden, wechselnden Druck- und Zugkräfte aufnehmen kann, ohne dafs eine Lockerung eintritt.

Diese Forderung läfst sich mit derjenigen nach elastischen Zwischenlagen nicht vereinigen.

Von den Zwischenlagen mufs vielmehr verlangt werden, dafs sie dem Drucke der Schiene nicht oder nur unmerklich nachgeben; aufserdem ist erwünscht, dafs sie sich in die Unebenheiten des Schienenfufses und seiner Unterlage fest eindrücken und auf diese Weise zur Verhütung des Wanderns beitragen.

Diesen Anforderungen genügen Zwischenlagen aus Pappelnicht. In ungeprefstem Zustand ist es jedenfalls ganz ungeeignet, und gegen geprefstes Pappelholz spricht der Umstand, dafs es gegen Witterungseinflüsse empfindlich ist und bei feuchter Lagerung wieder aufquillt; aufserdem ist einer solchen Platte auch nicht anzusehen, ob sie tatsächlich geprefst ist. Die Herstellung und Lagerung erfordert also grofse Aufmerksamkeit, mit der wohl nicht unter allen Umständen gerechnet werden kann. Enttäuschungen sind daher nicht ausgeschlossen.

Geeigneter als Pappelholz erscheint das härtere Rotbuchenholz. Freilich hat dieses eine bedenklich erscheinende Neigung zum Reifsen; es wäre aber erst durch gröfsere Versuche festzustellen, ob es nicht Mittel gibt, durch die die Gefahr des Reifsens vermindert oder beseitigt werden kann. Erfahrungen der Reichsbahndirektion Oldenburg mit gedämpftem Buchenholz ermutigen durchaus zu solchen Versuchen. Es ist anzunehmen, dafs die in dem Buchenholz vorhandenen Spannungen beim Herstellen der dünnen Platten schon zum gröfsten Teil verschwinden, namentlich wenn diese nicht durch Zerschneiden des Stammholzes sondern durch Schälen hergestellt werden. Da diesem Verfahren ein längerer Dämpfungsprozefs vorhergehen mufs, und das Schälen selbst unter grofsem Druck erfolgt, ist zu vermuten, dafs die Neigung zum Reifsen damit mehr oder weniger zum Verschwinden gebracht wird, und die so gewonnenen Platten sich für den hier fraglichen Zweck besser eignen als solche aus Pappelholz.

Geschälte Platten hätten den weiteren Vorzug, dafs sie erheblich billiger sind als geschnittene, da beim Schneiden ein grofser Teil des Holzes nutzlos verloren geht; aufserdem wäre das erforderliche Buchenholz leicht im Inlande zu beschaffen, was bei Pappelholz kaum der Fall ist.

Sollte auch Buchenholz den oben erwähnten Anforderungen nicht genügen, dann kämen Metallplatten in Frage, die eine gewisse Plastizität haben. Weicheisen, an das man zunächst denken könnte, kommt dabei wohl weniger in Betracht, da der unter der Schiene auftretende Flächendruck weit unter der Fliefsgrenze des Eisens bleibt.

Blei, das an sich geeignet erscheint, ist zu teuer.

Am geeignetsten dürfte Alluminium sein, das neuerdings für diesen Zweck vorgeschlagen worden ist. Es läfst sich in dünne Platten auswalzen, so dafs die Beschaffung erschwinglich ist, und es besitzt wohl in genügendem Mafse die Eigenschaft, dafs es sich in die Unebenheiten der Schiene und ihrer Unterlage hineinprefst.

Offen bleibt allerdings zunächst die Frage, ob nicht vielleicht elektrolytische Erscheinungen auftreten, die sich mit der Zeit als schädlich herausstellen könnten. Entsprechen auch diese Versuche nicht den Erwartungen, wird in Frage kommen auf die Zwischenlagen überhaupt zu verzichten, denn das Wandern der Schiene kann durch eine zweckentsprechende Schienenbefestigung allein — wie die Erfahrungen mit dem Spannplattenoberbau der Österreichischen Bundesbahnen und dem Oberbau der Reichsbahndirektion Oldenburg lehren — verhindert werden.

Der Verschleifs zwischen der Schiene und ihrer Unterlage kann vielleicht auch dadurch vermindert werden, dafs man die scharfen Kanten der Unterlagsplatten bzw. der Eisenschwellen in geeigneter Weise abrundet.

Neue Wege zur Verstärkung des Oberbaues und des Bettungskörpers.

Von Reichsbahnrat Dr. Ing. **A. Faatz**, Ansbach.

Seit kurzer Zeit ist die Verstärkung des deutschen Oberbaues im Gange und zwar einerseits die Verstärkung der Schienen und Schwellen durch Einführung des Reichsoberbaues und anderseits die Verstärkung der Bettung durch Verdichtung mittels Einwalzens oder Einstampfens.

Diese Gesamtverstärkung, einschl. des Abwalzens des Planums, hat sich bisher durchaus bewährt; d. h. der verstärkte Oberbau ist der gröfseren Verkehrslast ohne Mehraufwand an Bahnunterhaltungsarbeit gewachsen.

Trotzdem aber bedarf der neue Oberbau noch dringend weiterer Verbesserungen und zwar in den nachstehenden Punkten:

1. Durch Wegfall des Füllkastenverfahrens bei Eisenschwellen, um einen rascheren Einbaufortschritt zu erzielen,
2. durch Vereinigung der Vorzüge der Holzschwelle mit den Vorzügen der Eisenschwelle in der sog. Verbundschwelle,
3. durch Verstärkung des Stofses durch Verbundschwellen,
4. durch sofortige und vollkommene Ableitung des Tagwassers und vollkommene Verhinderung von Aufquellungen,
5. durch Verhinderung jeglichen Aufkommens von Unkraut im Bettungskörper.

In neuester Zeit sind im Bezirk des Bau A Ansbach Bm. Oberdachstetten km 74 Treuchtl-Würzburg Versuche im Gange, die günstige Aussichten eröffnen.

Es ist bekannt, dafs Asphalt und verwandte Stoffe (Teer) im Strafsenbau eine hervorragende Rolle spielen; um so auffallender ist es, dafs diese Stoffe trotz ihrer hervorragenden Eigenschaften, im Eisenbahnbau noch nicht entsprechende Verwendung gefunden haben. Die Ursachen hierfür mögen verschiedener Art gewesen sein; unter anderem vielleicht auch deswegen, weil bisher bituminöse Stoffe nur bei trockener Witterung verarbeitet werden konnten, was eine zu grofse Abhängigkeit von der Witterung bedeutete.

Seit kurzem wird ein Produkt in den Handel gebracht, das in hervorragendem Maſse geeignet erscheint, ausgebreitete Verwendung im Bahnbau zu finden. Dieser bituminöse Stoff besitzt einmal die sehr wichtige Eigenschaft, daſs er bei jeder Temperatur bis $+4^0$ C herab und bei jeder Witterung eingebaut werden kann. Die Masse, die aus einer innigen vollkommen wasserfreien Mischung von Splitt und einer Teerbitumenverbindung besteht, bleibt zudem dauernd elastisch bei kleineren Drücken und dauernd wasserdicht. Dazu kommt noch, daſs die Mischung ohne Bedenken am Verwendungsort bis zur Zeit der Verwendung gelagert werden kann, ohne an Güte zu verlieren. Weiterhin wird die Masse kalt eingebracht, was als ein Hauptvorzug zu betrachten ist. Zudem verbindet sich dieser Stoff nach einem vorausgehenden Überstrich mit säurefreiem Teer verhältnismäſsig fest mit Eisen, so daſs die erzielte Haftfestigkeit einen gewissen Prozentsatz der Haftfestigkeit des Betons an Eisen erreicht.

Das verwendete Teerbitumenprodukt ist wasser- und säurefrei, so daſs es in Verbindung mit Eisen dieses vor Rost schützt; ich erinnere nur an die groſse Haltbarkeit von Schwellenschrauben in Holzschwellen, wenn die Schwellenschraubenlöcher zuvor satt ausgeteert werden.



Abb. 1. Einstampfen der bituminösen Masse in die Schwellen.
Links: Anstreichen des Schwelleninnern mit Teerasphalt.
Mitte: Einstampfen des feineren Materials.
Rechts: „ „ gröberen „
Im Vordergrunde die eingesteckten Hakenschrauben, im Hintergrunde das bereit gelagerte Material.

Auf Grund der hervorragenden Eigenschaften des genannten bituminösen Stoffes ergeben sich mit Bezugnahme auf die eingangs geschilderten Nachteile des Eisenoberbaues und der Bettung die nachstehenden Verwendungsmöglichkeiten.

1.

Die eisernen Schwellen werden, um das Füllkastenverfahren auszuschalten, umgedreht und mit einer Mischung von säurefreiem Teerbitumen mit Splitt von verschiedener Korngröſse nach Einbringen der Befestigungsschrauben satt ausgestampft (Abb. 1).

Die Füllung der Verbundschwellen geht am zweckmäſsigsten in nachstehender Weise vor sich:

a) Streichen des Schwelleninnern mit zähflüssigem Bitumen.

b) Einstampfen einer kleineren Schicht feineren bituminösen Materials (~ 0 bis 5 mm Korngröſse).

c) Der Rest des Hohlraums der Schwelle ist mit einer groben Mischung bituminösen Materials auszustampfen; da diese Mischung eine gröſsere Druckfestigkeit besitzt als eine feinere Mischung (~ 10 bis 25 mm Korngröſse).

In der Mitte gestaltet man die bituminöse Schicht um ungefähr 1 cm schwächer auf ungefähr 50 cm Breite, um ein gleichmäſsiges sattes Aufliegen der unter Druck befindlichen Schwelle zu erreichen Abb. 2. Um das Haften dieser Masse am Eisen zu gewährleisten, wird die Schwelle zuvor noch mit einem Teeranstrich versehen, der auf die trockene Innenfläche der Schwelle aufgebracht wird. Die eingebrachte Masse haftet bei mittlerer Temperatur nach einigen Stunden bereits so fest am Eisen, daſs nunmehr die Eisenschwelle fast wie eine Holzschwelle behandelt werden kann. Die so vorbereitete Schwelle kann nun ohne weiteres auf das verdichtete und abgeglichene Schotterbett ohne Füllkästen verlegt werden. Da die Schwellen auſserhalb der Umbauzeit ausgestampft werden können, so wird während des Verlegens damit keine Zeit verloren, das Verlegen geht deshalb bedeutend rascher vor sich als beim Füllkastenverfahren.

Die Füllung kann sehr leicht in die umgedrehte Schwelle in nächster Nähe der Verwendungsstelle eingestampft werden. Zwei Arbeiter stampfen bei achtstündiger Arbeitszeit ungefähr 120 Schwellen ein, so daſs der Arbeitslohn je Schwelle bei 6 ℳ Tageslohn 10 Pfg. beträgt.

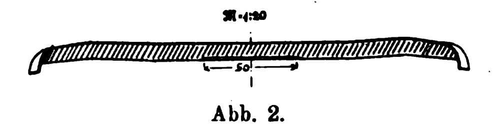


Abb. 2.
Eiserne mit bituminösen Stoffen gefüllte Schwelle. (Verbundschwelle).

Das spez. Gewicht der eingestampften Masse beträgt ungefähr 1,7 — 1,8. Die Füllung selbst beträgt bei den eisernen Schwellen des Reichsoberbaues rd. 50 cdm. Das Schwellengewicht beträgt 80 kg; hierzu kommt noch das Gewicht der Füllung mit ungefähr $50 \times 1,7 = 85$ kg, so daſs sich das Gesamtgewicht der gefüllten Schwelle auf mindestens 160 — 170 kg beläuft. Die Schwelle muſs daher von vier Mann getragen werden und die Doppelschwelle am Stoſs von acht Mann. Dieses Mehrgewicht ist mit Rücksicht auf die ruhige Lage des Oberbaues sehr erwünscht, da das Verhältnis der angreifenden Zuglasten zu den gestoſsenen Massen des Oberbaues sich bisher zu ungünstig gestaltete. Die Stoſs- und Schlagwirkungen werden deshalb in Zukunft bei dem mehr als doppelten Gewicht der Schwelle infolge ihrer gröſseren Massenwirkung geringer sein als bisher; auch werden durch das gröſsere Gewicht Temperaturverwerfungen nicht mehr möglich sein, auch wenn die Stoſslücken bedeutend verkleinert werden sollten, wie angestellte Rechnungen beweisen. Nach der Rechnung könnte bis zu $R = 400$ m jegliche Temperaturlücke entfallen in Hinblick auf die Wärmespannungen, jedoch noch nicht in Hinblick auf die zusätzlichen Biegungsspannungen.

2.

Es ist bekannt, daſs sich die Eisenschwellen härter befahren als die Holzschwellen. Nach neuerer Anordnung werden deshalb Pappelholzblättchen zwischen Schiene und Schwelle gelegt, auch um einem frühzeitigen Verschleiſs des Kleineisens vorzubeugen. Es fragt sich nun, ob es nicht genügt, wenn das dauernd elastisch-plastische Füllmaterial — elastisch bei geringeren Drücken; plastisch bei gröſseren Drücken — diese Aufgabe übernimmt. Die ausgestampfte Eisenschwelle hat eine sehr groſse Auflagefläche von rund $250 \times 25 = 6250$ qcm. Der Druck je qcm ist also überschlägig gerechnet höchstens $3 - 3^1/_2$ kg/cm². Sollte der Druck an irgend einer Stelle der Schwelle stärker sein, so drückt sich der stärker gepreſste Schotter etwas in die Masse ein, und es wird dadurch eine gleichmäſsige Druckauflage gewährleistet. Die mittlere Druckfestigkeit des Füllstoffes beträgt nach Druckversuchen, die im technischen Büro der R. B. D. Nürnberg vorgenommen wurden, mindestens 26 kg/cm².

Die eingestampfte Masse begeht sich weicher als Holzschwellen; es wird daher auch das Befahren dem der Holzschwellen sehr wahrscheinlich mindestens gleichen. Eine derart

gefüllte Schwelle wurde nach drei Wochen aus dem Zugsgleis ausgebaut, um zu beurteilen, wie sich die Auflagerfläche gehalten hat. Dabei haben sich die gesetzten Hoffnungen bestätigt; allerdings ist die Zeit noch zu kurz, um ein endgültiges Urteil abzugeben. Die Decke war genau so elastisch noch als vorher; nur vereinzelte Schottersteinchen hatten sich bis zu einigen Millimetern eingedrückt. Die Reibung wird durch diese etwas eingepreſsten Steine, wie schon früher erwähnt, auſserordentlich vermehrt, sowohl in der Längsrichtung der Schwelle (Mittel gegen Verwerfung) als auch in der Längsrichtung der Schiene (Mittel gegen Wandern der Schwelle). Die Elastizität der Eisenschwelle wird durch die Füllung nicht verringert, da ja die Füllmasse stärkeren Drücken nachgibt.

Es kann daher gesagt werden, daſs nach den bisherigen, wenn auch nur kurzen Erfahrungen von der Verbundschwelle das Beste für die Zukunft erhofft werden darf.

Der Gedanke liegt nun nahe, die Verbundschwellen in den Eisenwerken, wo Teer und verwandte Stoffe in den Kokereien als Nebenprodukt gewonnen werden, fabrikmäſsig herzustellen und zwar durch Einpressen der Füllmasse unter hohem Druck. Dabei kann, ähnlich wie z. B. bei Kunstasphaltplatten jeder gewünschte Grad von Zähigkeit erreicht werden.

Es besteht die Möglichkeit, daſs bei groſser Hitze und bei Verwendung von nicht geeignetem Teer der Füllkörper als Ganzes aus der Eisenschwelle herausfallen könnte. Diesem Umstand kann aber ohne weiteres dadurch begegnet werden, daſs man zum Innenanstrich der Schwelle eine Bitumenverbindung wählt, die bei -20° C noch nicht spröde und bei $+60^\circ$ C noch nicht weich wird.

Eine auffallende Erscheinung hat sich bei der im Mai dieses Jahres eingelegten Versuchsstrecke gezeigt und zwar insofern als sowohl die Verbundschwellen als auch die Schwellen über der bituminösen Decke weniger rosten als bisher. Die Ursache ist die Unterbindung aufsteigender Bodenfeuchtigkeit. Durch diesen Umstand wird voraussichtlich die Lebensdauer der eisernen Schwellen erhöht.

Das Unterstopfen der Eisenschwellen ist schwieriger, als bei Holzschwellen, weil die Hohlseite der Eisenschwellen ganz mit Schotter, der durch den Stopfstoſs nach aufwärts getrieben werden muſs, auszufüllen ist, um eine satte Lage der Eisenschwelle zu erreichen. Da die Krampwirkung immer etwas nach abwärts geht so ist naturgemäſs das Anstopfen umständlicher als bei Holzschwellen. Einfacher gestaltet sich nun diese Stopfarbeit bei den mit bituminösen Stoffen gefüllten Eisenschwellen, bzw. fast genau so wie bei Holzschwellen. Im Gegenteil genügt sogar ein leichterer Krampstoſs, da sich der Schotter leicht an die plastische Masse anpreſst. Der Schotter wird dadurch auſserordentlich geschont, auch geht das Stopfen rascher vor sich. Da das Prinzip der Stopfmaschinen gewissermaſsen darauf beruht, den Schotter unter möglichster Schonung langsam in die Hohlräume der Schwelle nachzuschieben, so ist der an und für sich wirtschaftlichen Verwendung der Stopfmaschinen noch weiterhin der Weg geebnet, da sie hier in derselben vorzüglichen Weise wie bei Holzschwellen Verwendung finden können.

3.

Der Schienenstoſs ist das Schmerzenskind des Oberbaues. Seine Unterhaltung verschlingt den gröſsten Teil der Bahnunterhaltungsarbeit. Die Schienenenden schlagen sich trotz bester Unterhaltung immer wieder ein. Bei feuchtem Untergrund erscheinen hier in erster Linie die so bezeichnenden Spritz- oder Schlagstellen.

Man hat bisher alle möglichen Verstärkungen versucht, aber bisher befriedigte keine restlos. Ich erinnere nur an den Einbau von Stoſsbrücken oder von Doppelschwellen oder von Eisenbetonrosten. Die letzteren haben sich bisher noch nicht allgemein einbürgern können, da der Betonrost in der Längsrichtung der Schiene etwas zu kurz ist; zudem sind sie verhältnismäſsig teuer.

Ein allem Anschein nach wirksames und bedeutend billigeres Mittel die einwirkenden Stoſskräfte zu verteilen und elastisch zu verarbeiten bilden noch brauchbare alte eiserne Schwellen, die mit bituminösen Stoffen gefüllt sind und daher eine gute Auflagerfläche bilden. Ihre Verlegung geschieht ungefähr nach (Abb. 3). Die Verbundschwellen werden bei bereits verlegtem Gleis von auſsen her zwischen Schwellenkopf und Schiene eingeschoben, was ohne Schwierigkeit vor sich geht und ohne Betriebsunterbrechung. Die breite Auflagerfläche kommt nach oben, d. h. sie werden umgekehrt verlegt wie die Querschwellen im Gleise Abb. 4. Diese Verlegungsart hat den Vorteil, daſs genügend Raum zum Stopfen bei nicht allzu hohem Schotterbett unter der Querschwelle vorhanden ist, und zugleich der Schotterkörper unter den Querschwellen durch die als Rost wirkende Verbundschwelle zusammengehalten wird. Die 2,70 m lange alte Eisenschwelle faſst mindestens drei Querschwellen am Anlaufende, da dies stärker beansprucht ist und mindestens zwei Schwellen am Ablaufende der Schiene. Die Druckfläche beträgt $270 \times 25 = 6750$ cm² gegenüber dem Eisenbetonrost Sorte I $0{,}66/0{,}90 = 5940$ cm².

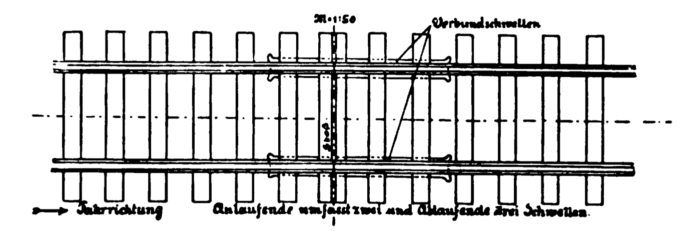


Abb. 3. Verbundschwellen als Roste für alte und neue Gleise. (Holz- oder Eisenoberbau).

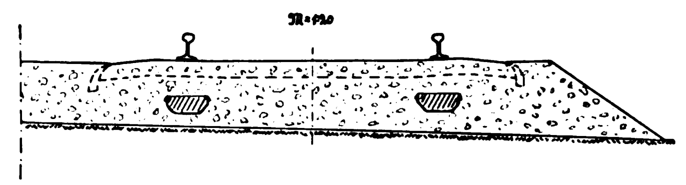


Abb. 4. Roste aus Verbundschwellen (Querschnitt).

Spricht auſser der Elastizität der Verbundschwelle weiterhin die groſse Druckfläche sehr zugunsten der Verbundschwelle, so dürfte ein Vergleich der Wirtschaftlichkeit geradezu zwingend bei Bewährung für ihre Einführung sprechen.

Ein Schienenstoſs erfordert zwei Roste je 12 M = 24 M
Einbauzeit eine Tagschicht = 6 „ = 6 »
zusammen 30 M

In unserem Falle können bei der Verbundschwelle alte eiserne Schwellen verwendet werden, die durch inneren und äuſseren Anstrich von Teerbitumen vor Rost geschützt werden und innen durch die eingestampfte bituminöse Masse auch noch verstärkt werden.

1 kg Schrott der eisernen Schwellen kostet 4 Pfg.; für eine Schwelle daher 80 kg × 4 Pfg. = 3,20 M
50 dm³ Füllung mit Bitumen kosten 50 × 2,5 Pfg. = 1,25 M
Arbeitslohn 0,10 »
Teer (Anstrich) 0,15 »
rund 1,50 M

Einbau der zwei Verbundschwellen 0,60 M; daher für einen Stoſs $2 \times (3{,}20 + 1{,}50 + 0{,}30)$ M = 10 M. Die Gesamtkosten für jeden Stoſs betragen daher nur $^1/_3$ der bisherigen für Eisenbetonroste. Da die Verbundschwelle trocken liegt (weil auf Schotter) und zudem einen satten Teeranstrich besitzt, ist ein Rosten kaum zu befürchten. Sollten die Verbundschwellen bei Gleisumbauten mit ausgebaut werden müssen, so ist immer

noch ein gewisser Altwert vorhanden. Die alten eisernen Schwellenstoffe werden daher aufs beste ausgenützt und kosten die Eisenbahnverwaltung äufserst wenig, trotz des grofsen voraussichtlichen Erfolges.

4.

Bisher hatte man nur den Oberbau im engeren Sinne, also Schienen und Schwellen verstärkt. Die Bettung wurde erst in neuerer Zeit durch Stampfen und Walzen verdichtet und dadurch ein dichteres, widerstandsfähigeres Gefüge geschaffen. Bei trockenem Untergrund mag diese Verstärkung bis zu einem gewissen Grade genügen, nicht aber bei feuchten Stellen, in nassen Einschnitten usff. Der nasse Untergrund wird durch die elastischen Bewegungen des Bettungskörpers saugend und knetend durchgearbeitet, so dafs bei Regenwetter allmählich eine breiige, flüssige Masse entsteht, besonders bei lettigem Untergrund. Die breiige Masse wird infolge der Lastwirkungen durch den Schotter hindurchgedrückt, so dafs das ganze Schotterbett verschlammt und unbrauchbar wird. Das Wasser ist daher der gröfste Feind der Bahnunterhaltung.

Der Kampf mit diesem Feind hat nach allen bisherigen Erfahrungen noch nicht zum Ziel geführt, d. h. es ist noch kein Mittel gefunden worden, das restlos befriedigt hätte, beispielsweise um das Aufsteigen von quelligem Untergrund zu verhüten. Teilmafsnahmen, wie tieferes Ausheben des Untergrundes, Zwischenlagen mit Sand oder Lösche, Faschineneinlagen, nützen auf die Dauer verhältnismäfsig nicht viel, wenn nicht sehr hohe Kosten aufgewandt werden. Es mufs ganze

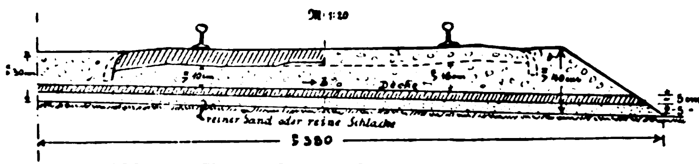


Abb. 5. Eingebaute bituminöse Decke.
Die Decke kann ohne oder mit Verbundschwelle eingebaut werden; die angegebenen Mafse sind Mindestmafse bei gutem Untergrund; bei schlechtem Untergrund entsprechend gröfsere Bettungsstärke.

Arbeit geleistet werden und diese besteht darin, das Wasser vom gesamten Bahnkörper ohne Rücksicht auf den Untergrund überhaupt fernzuhalten. Dieser einfache und naheliegende Gedanke, der bei zeitgemäfsen Asphaltstrafsen zur Ausführung gebracht ist, kann auch im Eisenbahnbau Anwendung finden. Es handelt sich nämlich darum, über dem gewalzten oder gestampften Planum eine absolut dichte Bitumenschicht aufzubringen, so dafs das Wasser, das durch das Schotterbett hindurchsickert auf der wasserdichten Decke sofort seitlich abläuft und dadurch ein Durchfeuchten des Untergrundes verhütet. Das Planum mufs daher auf die Dauer immer trockener und widerstandsfähiger werden, so dafs aller Wahrscheinlichkeit nach die Unterhaltungsarbeit sich auf ein Mindestmafs verringern mufs. Dazu ist die bituminöse Decke dauernd elastisch und wirkt zugleich als geschlossene Masse druckverteilender als ein lockerer Bettungskörper. (Vergleiche hierzu Bräuning »Die Grundlagen des Gleisbaus« 1920, Seite 49.)

Der Bettungskörper würde nach dem vorausgegangenen beispielsweise nachstehende Form besitzen können (Abb. 5). Auf das gewalzte oder gestampfte Planum wird eine Lage reinen Sandes von 2 bis 5 cm Stärke aufgebracht und verdichtet, darüber kommt die bis zu 5 cm Stärke betragende wasserundurchlässige Deckschichte und darüber der Schotter mit vorheriger ungefähr 1 cm starker Absplittung, um die Bitumenschichte vor dem Eindrücken scharfer Steinkanten zu schützen. Das Quergefälle genügt mit 3%; da guter Ablauf gewährleistet ist. Die Stärke der bituminösen Decke kann bei trockenen Stellen bis auf $2^1/_2$ cm in verdichtetem Zustand herabgesetzt werden, während es sich in nassen Einschnitten empfiehlt bis auf 4 bis 5 cm Stärke zu gehen. Als wasserdichten Abschlufs erhält die Decke einen Überzug mit Kaltemulsion. Der Preis der Decke stellt sich im Eigenbetriebe bei $2^1/_2$ cm bis 3 cm Stärke auf ungefähr 1,20 bis 1,50 ℳ/m² ohne Frachtkosten. Eine Deckenbreite von 3,60 m genügt. Besonders zweckmäfsig dürfte die Anwendung der Decke auch auf Dämmen sein. Nach Heft 31, S. 516 »Der Strafsenbau« 1926 wird für Dammstrecken von Strafsen mit Vorliebe Teermacadam verwendet, da er sich wegen seiner den Setzungen und Bewegungen des Dammkörpers folgenden Elastizität sich ganz besonders bewährt hat. Auch Dammrutschungen können vielfach vermieden werden, da ein Eindringen des Tagwassers wenigstens auf dem Bahnkörper bei Anwendung der Decke vermieden wird.

Der gröfste spez. Druck, den die Decke aufzunehmen hat, beträgt höchstens 3 bis $3^1/_2$ kg/cm²; das ist gegenüber den spezifischen Drücken bei Strafsenlasten ein sehr geringer Wert, eben infolge der grofsen Druckfläche der Verbundschwellen. Die Reibung des oberen Schotterbettes auf dieser wasserdichten Decke ist mindestens ebenso grofs als im Schotterbett, da die unteren Schottersteine des Bettungskörpers sich etwas in die Masse eindrücken, ohne den Wasserablauf zu hindern.

Mit Rücksicht darauf, dafs dauernd trockener Untergrund eine gröfsere spez. Pressung aufnehmen kann als durchfeuchteter und im Hinblick darauf, dafs durch Zwischenschaltung der elastischen Decke genügende Elastizität für die Fahrbahn gewährleistet wird, kann der Schotterbettungskörper voraussichtlich schwächer gehalten werden. Was die Decke an Mehrkosten ausmacht, kann unter Umständen ganz an Schottermaterial eingespart werden. Der Schotter bleibt dauernd rein und kann aufser durch die natürliche Verschmutzung durch die Züge oder durch Staub sonst nicht verunreinigt werden; er wird also aufserordentlich geschont. Zudem fällt weniger Aushub an: eben infolge der geringeren Bettungstärke und in Verbindung mit beiden Umständen wird auch eine bedeutende Verminderung der Transporte bzw. der Arbeitszüge eintreten, so dafs schon auf den ersten Blick die Wirtschaftlichkeit gewährleistet ist. Ein angestellter wirtschaftlicher Vergleich fällt durchaus zugunsten der neuen Einbauart aus. Erwähnt mag noch werden, dafs im Winter voraussichtlich keine Frosthügel mehr entstehen können, da kein Wasser unter die Decke kann, bzw. solches durch den Sand, wenn ja welches von der Seite kommen sollte, abziehen könnte.

Die Herstellung der Decke kann nicht nur bei aufser Betrieb gesetzten Gleisen erfolgen, sondern auch durch abschnittsweises Ausgraben und Einbringen der bituminösen Masse von Schwelle zu Schwelle, z. B. bei feuchten Einschnitten oder noch besser durch Herausnahme ganzer Gleisrahmen in Zugspausen.

Ein weiterer Vorteil dürfte der sein, dafs die Gleise unter Umständen auf 3,75 bis 4 m auseinandergezogen werden können, wenn sich eine geringere Bettungshöhe bewähren sollte. In Verbindung damit könnte das Lichtprofil möglicherweise erhöht und erweitert werden, was im Hinblick auf die Elektrifizierung der Eisenbahnen von weittragender Bedeutung wäre.

Wie bereits erwähnt, wurden im Spätherbst vorigen Jahres kleinere Versuche durchgeführt, die nach allem bisherigen, die gehegten Erwartungen bestätigen, besonders aber die neuesten im April dieses Jahres durchgeführten gröfseren Versuche (s. Abb. 6 bis 8).

Sollten sich also die vorgeschlagenen Mittel auf die Dauer bewähren, woran bis jetzt nicht zu zweifeln ist, so wäre das Ideal des Bettungskörpers gefunden, weil dauernd trocken und dauernd elastisch. Die Bahnunterhaltungsarbeit könnte damit, wenn zugleich auch eine Verstärkung des Stofses und eine Verringerung der Stofslücken im eingangs erwähnten Sinne angestrebt würde, auf ein Mindestmafs herabgesetzt werden.

5.

Ein weiterer Umstand, der für die Einführung des neuen Bettungskörpers spricht, ist der, dafs im Gleis überhaupt kein

Unkraut mehr aufkommen kann, da das Unkraut weder von unten herauf noch von oben hinab Wurzeln schlagen kann. Gerade die tiefwurzelnden Pflanzen wie Schachtelhalm usw. werden sämtlich vernichtet. Die Unkrautbekämpfung im Gleise hätte damit ihre restlose Lösung gefunden. Mit Ausnahme auf den Banketten dürfte daher in Zukunft im Gleis überhaupt Unkraut nicht mehr anzutreffen sein. Das Unkraut auf den Banketten



Abb. 6. Im Vordergrunde das abgewalzte Planum mit aufgewalzter 2 bis 5 cm starker Sand- oder Schlackenschichte.
Im Hintergrunde Aufbringen und Einwalzen der 4 bis 5 cm starken bituminösen Masse.

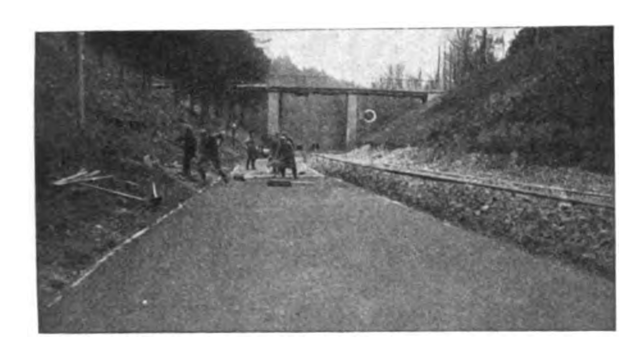


Abb. 7. Im Vordergrunde Aufbringen der bituminösen Feinschicht (Körnung 0 bis 5 mm).

kann durch chemische Mittel leicht bekämpft werden, während für das Gleis die so komplizierten Entkrautungsmaschinen ihre Berechtigung verlieren würden. Dadurch, dafs kein Unkraut aufkommen kann, wird auch der Schotter verhältnismäfsig sehr rein bleiben; zumal er auch von unten her durch aufsteigenden Untergrund nicht verschmutzt wird. Bei späteren Umbauten wird daher ein einfaches Ausgabeln genügen und der Schotterersatz auf ein Mindestmafs beschränkt werden können.

Nach Sachlage der Verhältnisse können wir daher sagen, dafs bei Gesamtanwendung der vorgeschlagenen Mittel voraussichtlich fast alle idealen Ansprüche an einen dauerhaften Oberbau einschliefslich Bettung befriedigt werden könnten unter voller Wahrung der Wirtschaftlichkeit. Aller Wahrscheinlichkeit nach, nach Überwindung von möglicherweise sich einstellenden Kinderkrankheiten, wird der Aufwand an Bahnunterhaltungsarbeit und an Material und Stoffabnützung sich voraussichtlich noch beträchtlich abmindern, so dafs mit aller Energie bei der gegenwärtigen Finanzlage danach gestrebt werden sollte die Angelegenheit baldmöglichst aus dem Versuchssuchstadium heraus zur allgemeinen Anwendung zu bringen*).

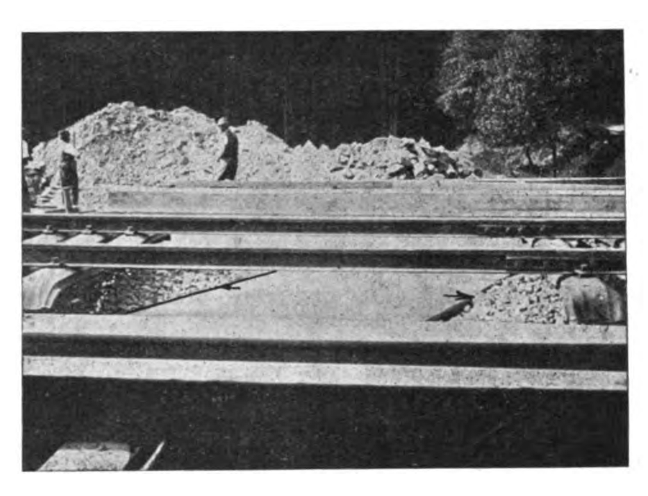


Abb. 8. Die fertiggestellte bituminöse Decke wird noch mit einer Kaltemulsion behandelt. Im Hintergrunde die abgesandete fertige Decke.



Abb. 9. Schutzschichte Teeraspbalt (4 bis 5 cm stark) für die wasserdichte Abdeckung bei Brücken (zwischen den beiden Pfeilern).

*) Anmerkung: Eine weitere Anwendung ergibt sich bei Brücken. Die bisherigen Schutzschichten der wasserdichten Abdeckung wie z. B. Klinker usf., um die wasserdichte Abdeckung durch Stopfstöfse nicht zu beschädigen, können in billigerer und zweckmäfsigerer Weise durch bituminöse Decken ersetzt werden. Eine Stärke von 4 bis 5 cm genügt (Abb. 9).

Die vorgenannte Verwendung teerhaltiger Stoffe im Eisenbahnbau dürfte auch dazu anregen, den so lästigen Staub für die Lokomotiven und Wagen, der bei den schienengleichen Überfahrten aufgewirbelt wird, durch Oberflächenteerung zu begegnen. Hierfür dürfte eine einmalige Teerung im Jahr genügen.

Neuzeitlicher Bockkran für die Unterhaltung von Wagen und Lokomotiven.

Von Dr. Ing **M. Osthoff** in Stettin.

Hierzu Tafel 34.

Im »Organ« 1926, Seite 68/69, ist anläfslich der Verkehrsausstellung in München 1925 der dort ausgestellt gewesene, von der Hebezeugfabrik Gebr. Dickertmann in Bielefeld für das Bahnbetriebswerk Senftenberg gelieferte fahrbare Bockkran*) für die Unterhaltung von Eisenbahnwagen kurz beschrieben worden. Da dieser Kran inzwischen im In- und Ausland (vergl. auch »The Locomotive«, London, vom 15. 1. 26, Seite 25 bis 26) wegen seiner vielseitigen Verwendbarkeit Beifall gefunden hat (es sind bereits sechs Krane im Betrieb) und weiterhin durch Hinzufügen einer Senkvorrichtung für Lokomotivradsätze noch erheblich vervollkommnet ist, sei er im folgenden näher beschrieben.

*) D. R. Patente.

Fahrwerk.

Der Kran nach Abb. 1 bis 4, Taf. 34, die zugleich die Zusatzeinrichtungen (Hebebühne 9 und Grube 19) zum Auswechseln von einzelnen Lokomotivradsätzen zeigen, ist ein gewöhnlicher Bock-

kran, der über dem Ausbessergleis (1) für Wagen oder Lokomotiven lichtraumfrei auf zur ebenen Erde liegenden Schienen (2) (= Krangleis) verfahren werden kann. Es lassen sich daher eine ganze Reihe von leeren und beladenen, ganz beliebig durcheinander aufgestellten Wagen bearbeiten, ohne dafs diese, wie etwa bei Achssenken mit ihren ortsfesten Ständen, gestellt werden müssen, was in den Ausbessergleisen für die Arbeiter stets gefährlich ist. Die Kranbahn in Höhe des Erdbodens bildet kein Verkehrshindernis, wie z. B. Gruben oder Hochbahnen und ist viel billiger als eine hochliegende Laufkranbahn. Die vier Laufräder (3), von denen je eins in jedem Kranfufs durch Vorgelege (4) von Hand gedreht werden kann, sind in Kugeln gelagert, so dafs der Kran sehr leicht verfahren werden kann. Unter den Handkurbelwellen sind unten an beiden Kranfüfsen Tritte angebracht, auf denen die Fahrer mitfahren. Hebt man mit den beiden Wagenhaken (5) einen Eisenbahnwagen an einer Kopfschwelle etwas an, so können zwei Mann mit dem Krane noch bequem drei Stück beladene 20 t-Wagen verfahren. Man kann daher, wie das die Arbeiten an den Wagen öfters nötig machen, mit dem Krane die im Ausbessergleis aufgestellten Wagen während der Arbeitszeit mühe- und gefahrlos beliebig verfahren, wohingegen bekanntlich mit den weniger regelbaren Lokomotiven wegen Gefährdung der Arbeiter die Wagen nur in den Arbeitspausen verschoben werden dürfen. Für lange Ausbessergleise mit grofsem Arbeitsanfall empfiehlt es sich, den Kran statt von Hand elektrisch fahrbar einzurichten.

Haupthubwerk.

Der Bockkran trägt in seinem oberen Teile, durch das Dach geschützt, ein elektrisch angetriebenes und mit selbsttätigem Endausschalter versehenes Haupthubwerk (6) von 25 bis 30 t Gesamttragkraft. Statt mit Schnecken- und Stirnrädern, wie gewöhnlich, kann das Hubwerk auch mit reiner Stirnradübersetzung ausgerüstet werden. Das in handlicher Weise durch eine lange, wagrecht geführte Holzstange (7) an- und abstellbare Hubwerk endet in zwei gewöhnlichen Kranhaken (8), die sich, weil von einer Welle angetrieben, völlig gleichmäfsig heben und senken lassen und, weil an Seilen hängend, nach allen Richtungen hin ausgeschwenkt werden können. Hängt man in diese Haken Ketten, Seile oder Drahtseilgurte, so läfst sich mit ihnen grofsstückiges Ladegut z. B. Langholz, Walzeisen, Maschinenteile oder dergl., das sich auf seinem Wagen z. B. im Ablaufbetrieb verschoben hat, anheben und durch Verfahren des Kranes oder des Wagens leicht wieder in die ursprüngliche Lage bringen. Derartiges Ladegut läfst sich auch leicht in gleicher Weise auf einen andern brauchbaren Wagen verladen, wenn z. B. der eigene Wagen schwer beschädigt ist. Auch lassen sich schwer beschädigte Wagen (vergl. Textabb. 1) mit dem Krane leicht auf Plattformwagen z. B. zwecks Abbeförderung in Ausbesserungswerke verladen. Alle diese vielseitigen Arbeiten, für die zwischen Wagen und Kranbeinen auf beiden Seiten genügend Platz vorhanden ist, sind mit den bisherigen Hebezeugen, in der Regel Schraubenspindel-Hebeböcken, nur sehr umständlich und zeitraubend, mit Achssenken überhaupt nicht ausführbar. Ist das Ausbessergleis für Strafsenfuhrwerk zugänglich, so kann der Kran mit Vorteil zum Verladen schwerer Güter von Eisenbahnwagen auf Strafsenwagen und umgekehrt mitbenutzt werden, so dafs besondere sogenannte Überlade-, Umlade- oder Freilade-Bockkräne von 10 bis 30 t Tragkraft, die meist ortsfest über Freiladegleisen und weitab von den Ausbessergleisen aufgestellt sind und auf mittleren und kleinen Bahnhöfen verhältnismäfsig sehr selten benutzt werden, erspart werden können.

Wagenhaken.

Für gewöhnlich hängen in den Kranhaken (8) zwei besonders geformte Wagenhaken (5), deren vorspringende Nasen unter die Kopfschwellen aller Reichsbahnwagen und wohl auch aller auf der Reichsbahn verkehrenden fremden Wagen passen, und mit denen die leeren oder beladenen Wagen einseitig angehoben werden können. Die Form dieser Wagenhaken wurde im Bahnbetriebswerk Cottbus durch Ausprobieren gefunden, nachdem die ersten, auf Grund von Wagenzeichnungen angefertigten Haken, weil nicht überall passend, verworfen werden mufsten. Die Wagenhaken (5) können mit den auf Kugeln gelagerten Kranhaken (8) beliebig gedreht werden, so dafs sie mit ihren Nasen sowohl unter die vordere, als auch hintere Kopfschwelle eines Wagens fassen können. Ihre Mittenentfernung beträgt bei dem ersten Krane nur 2350 mm, so dafs dort die freihängenden Wagenhaken sich sowohl innerhalb der Fahrzeug- als auch der Streckenumgrenzungslinie befinden. Es mufsten daher an den Kranbeinen besondere Handkurbelwinden angebracht werden, um die beiden ziemlich schweren Wagenhaken z. B. vor dem Zustellen und Abholen der Wagen oder beim Verfahren des Kranes über besetztes Ausbessergleis (1) aus dem Fahrzeug- und soweit wie möglich auch aus dem Streckenlichtraum seitwärts herauszuziehen und in dieser »Grundstellung«

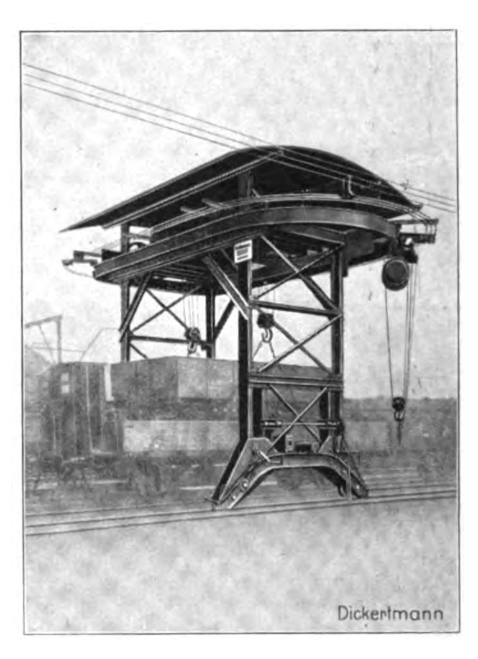


Abb. 1. Auf- und Abladen eines beschädigten Wagens.

zu sichern. Bei den neueren Kränen ragen die frei und mit ihren Nasen parallel zum Gleise hängenden Wagenhaken nicht mehr in die Fahrzeugumgrenzungslinie, sondern nur noch in die Streckenumgrenzung hinein. Diese Wagenhaken kann man mit der Hand noch bequem zur Seite (nach aufsen) drücken und in dieser Grundstellung durch übergeworfene, an den Kranbeinen befestigte Fallen sichern. Beim Anheben der Wagen müssen hier nunmehr die beiden Haken natürlich bis zum Anfassen an der Kopfschwelle etwas nach innen unter die letztere gedrückt werden, was ebenfalls wegen der grofsen Pendellänge mühelos möglich ist. Der neue Mittenabstand der Wagenhaken reicht auch aus, um an die Haken eine Hebebühne (9) zum Auswechseln von einzelnen Lokomotivradsätzen lotrecht aufhängen zu können, ohne durch irgend welche Lokomotivteile behindert zu sein. Den Mittenabstand der Wagenhaken (5) etwa durch Verschieben der beiden Hubseiltrommeln (10) usw. veränderlich zu machen, würde die Baukosten des Kranes unnötig verteuern. Würde bei allen Wagen an beiden Enden der Kopfschwellen, in deren Längsrichtung gemessen, je ein etwa 75 mm breiter freier Platz vorhanden sein, so genügten statt der zwei schweren Wagenhaken (5) zwei Drahtseile mit kurzen, hinter den Unterflansch der Kopfschwelle fassenden Klauen. Bei neuen Wagen liefse sich dieser Platz leicht schaffen. Versuche, die Wagen — statt von der Stirn her an der Kopf-

schwelle — von den Seiten her an den Langträgern zu fassen, haben zu einer praktisch brauchbaren Lösung bisher nicht geführt. Gegen Abrutschen von der Kopfschwelle sind die Wagenhaken am Ende ihrer Nasen durch Steckkeile gesichert. Hebt man einen Wagen nach Unterschieben der Hakennasen unter seine Kopfschwelle einseitig an (vergl. Textabb. 2), und befinden sich die beiden Gelenkvielecke: Seiltrommeln-Schienen nicht im Gleichgewichtszustand, so stellen sich Kran oder Wagen, oder beide Fahrzeuge gleichzeitig durch selbsttätiges Heranrollen zwanglos richtig zueinander von selber ein, so dafs schon hierdurch ein Abrutschen der Wagenhaken verhindert wird. Erhält ein im Krane hängender Wagen beim Verschiebegeschäft im Ausbessergleis aus Versehen einen Stofs, so läuft der Kran einfach mit dem Wagen mit, ohne dafs eine Trennung oder Beschädigung erfolgt. Da die beiden, von der Gleismitte gleich weit entfernten und gleich hoch über S. O. aufgehängten Wagenhaken (5) sich völlig gleichmäfsig bewegen und die etwa 3 m breiten Wagen sehr breit (in mindestens 2350 mm Abstand) fassen, so ist ein Herauspendeln des angehobenen Wagenendes selbst bei ungleichmäfsig verteilter Ladung aus der Gleismitte so gut wie ausgeschlossen, und es werden daher später beim Senken des Wagenendes z. B. die Radsatzspurkränze wieder richtig zwischen die Schienen oder die Achshalter wieder richtig in die Achslagerführungen eingelassen werden können.

Einseitiges Anheben von Wagen.

Mit dem Haupthubwerk (6) des Kranes lassen sich nun sämtliche Wagen in leerem oder beladenem Zustand mittels der unter eine Kopfschwelle fassenden beiden Wagenhaken (5) zur Vornahme irgend welcher Untersuchungs- oder Ausbesserungsarbeiten einseitig hochheben (Textabb. 2). Die oberen Querverbindungen der Krangerüste befinden sich hoch genug über S.O., um Wagen mit Bremserhäusern so weit anheben zu können, dafs Radsätze einschliefslich Achslagern unter ihre Achshalter hinweg ausgerollt werden können. Verträgt (was sehr selten vorkommt) die Wagenladung, z B. gefüllte Säuretöpfe, keine grofse Neigung gegen die Wagrechte, so hebt man zunächst das verkehrte Wagenende um etwa die Hälfte der Hubhöhe an, unterbaut dieses Ende und hebt sodann das richtige Wagenende um die dort erforderliche Hubhöhe an. Lose verladene Schüttstoffe wie Sand, Steine, Kohlen, Kartoffeln usw. vertragen ebenso wie Kisten und anderes Stückgut ohne weiteres die beim einseitigen Hochheben üblichen Wagenneigungen. Unter dem angehobenen Wagen lassen sich bequem Arbeiten an dem Wagenboden, insbesondere auch solche an der Zug- und Stofsvorrichtung, z. B. Lösen festgerosteter Zugstangenmuffen, ausführen. Vor allem lassen sich aber bequem und völlig gefahrlos lahme oder gebrochene Tragfedern oder Federgehänge auswechseln. Auf diese Weise sind in Senftenberg zur Zeit des englischen Bergleutestreiks 1926 täglich neben andern Arbeiten bis zu 30 unbrauchbare Tragfedern an beladenen Kohlenwagen mit dem Krane ausgewechselt worden. Zweckmäfsig wird eine genügende Anzahl neuer Tragfedern in passenden Gestellen an den beiden Kranfüfsen mitgeführt und nach Bedarf gegen beschädigte Federn ausgewechselt. Zwischen oder an den Kranfüfsen lassen sich überdies sehr gut Schmieröltöpfe mit Pinseln und verschliefsbare Behälter für Werkzeug, Schrauben, Bolzen, Splinte, Unterlegscheiben, Federlaschen und dergl. unterbringen. Das Bedürfnis, etwa Benzol-Schneid- und Schweifsapparate, elektrische Nietwärmer und Bohrmaschinen oder Prefsluftanlagen mit den nötigen Werkzeugen mitzuführen, hat sich bisher noch nicht herausgestellt, und es würde der Kran alsdann auch wohl seiner Hauptaufgabe, der Hebearbeit für den Austauschbau, zu sehr entzogen werden.

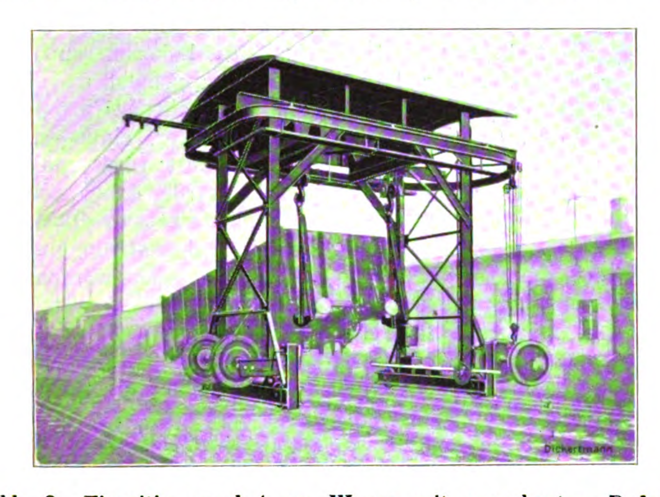


Abb. 2. Einseitig angehobener Wagen mit ausgebautem Radsatz (rechts) an der Hängebahn. Ein anderer Radsatz (links) befindet sich auf der Rundlaufvorrichtung.

Auswechseln von Radsätzen.

Beim Entwurf des Kranes (1921) war in erster Linie daran gedacht, ihn an Stelle von Achssenken zum Auswechseln der damals sehr viel auftretenden heifsgelaufenen Wagenradsätze zu verwenden. Zu diesem Zwecke wird der Wagen nach Lösen der zwei Achshalterstege, Festlegen der zwei Tragfedern über dem Heifsläufer durch Holzkeile – und bei beladenen Wagen nach Abstützen der beiden Tragfedern des andern Radsatzes — mit den beiden Wagenhaken (5) einseitig so hoch angehoben (Textabb. 2), dafs der heifsgelaufene Radsatz mit Achslagern unter dem Wagen und zwar über die Puffer hinaus bis in den Bereich der oben rings um das Krangerüst laufenden Hängebahn (11) vorgerollt werden kann. Hier wird er von dem Elektrozug (12) der Hängebahn erfafst, an den Puffern vorbei angehoben und nach Verfahren des Elektrozuges auf der Hängebahn in dem nebenan befindlichen Parallelgleis = Radsatzgleis (13) abgestellt, aus dem dann sofort ein neuer Radsatz in umgekehrter Reihenfolge wieder unter dem Wagen eingebaut wird. Die Senkgeschwindigkeit des Haupthubwerkes (6) ist so bemessen, dafs die Achshalter bequem in die Führungen an den Achslagern eingelassen werden können. Für die ganzen Arbeiten sind nur zwei Mann erforderlich, die sehr flott arbeiten, weil sie stets zur ebenen Erde und nicht, wie es bei Achssenken erforderlich ist, in engen Gruben schaffen, in denen sie überdies herabfallendem Schmutz und bei nassen Wagenladungen schmutzigem Tropfwasser ausgesetzt sind. Bei starkem Anfall von Heifsläufern und auch von beschädigten Tragfedern verfährt man zweckmäfsig derartig, dafs ein Mann die Vor- und Nacharbeiten ausführt, z. B. die Achshalterstege vorher entfernt und später wieder anbaut, während zwei Mann mit dem Krane nur die Hauptarbeiten ausführen, also Radsätze und Tragfedern auswechseln. Achssenken bedingen ein umfangreiches Mauerwerk, das bei Bodensenkungen stark leidet und bei Gleisverlegungen wertlos wird. Die oft langen und daher wohl niemals zugedeckten Gruben der Wagenachssenken behindern den Verkehr zwischen den Gleisen und bilden grofse Gefahrpunkte für die Bedienungsmannschaften, besonders dann, wenn die Gruben im Freien liegend vereist oder verschneit sind. Bei Wagen mit Drehgestellen kann man entweder das Drehgestell des auszuwechselnden Radsatzes mit passenden Haken oder dergl. an den Wagenlangträgern festmachen, so dafs es mit angehoben wird, und dann wie beim Achswechseln an zweiachsigen Wagen verfahren. Oder aber man hebt den Wagen vom Drehgestell ab, rollt letzteres unter die Hängebahn und hebt mit dem Elektrozug das Drehgestell einseitig an, bzw. von dem auszubauenden Radsatz ab. Selbstverständlich lassen sich auf diese Weise auch gleich vollständige Drehgestelle

auswechseln. Soll bei dreiachsigen Wagen, die bei der Reichsbahn wohl nur noch als Personenwagen vorkommen, der mittlere Radsatz ausgewechselt werden, und würde der nur einseitig angehobene Wagen mit diesem Ende eher oben an dem Krangerüst anstofsen, als der Mittelradsatz unter dem Vorderradsatz ausgerollt werden kann, so mufs — ähnlich wie bei gefüllten Säuretopfwagen — zunächst das andere Wagenende etwas angehoben und unterbaut werden, oder auch der Vorderradsatz ausgerollt werden. Radsätze mit scharf gelaufenen Spurkränzen oder losen Reifen werden wie solche mit heifsgelaufenen Schenkeln ausgewechselt. Entgleist gewesene, anscheinend unbeschädigte Radsätze, die nach Vorschrift stets durch die Rundlaufprobe genau auf Verbiegungen zu untersuchen sind, werden auf der Hängebahn in eine an einem Kranbein angebrachte Rundlaufvorrichtung (Textabb. 2 vorn links) z. B. Spitzen, Rollenlager oder dergl. eingesetzt, durch ein- bis zweimaliges Rundlaufenlassen untersucht und, falls unbeschädigt, sogleich wieder unter den Wagen eingebaut. Aufser dieser Prüfvorrichtung können auch noch andere, den Hauptgebrauch des Kranes nicht weiter behindernde Einrichtungen, z. B. zum Schleifen und Polieren von Achsschenkeln oder dergl. mehr an den Bockkranfüfsen angebracht werden, so dafs der Kran eine kleine fahrbare Werkstatt darstellt.

Hängebahn.

Die aus I-Eisen bestehende Hängebahn (11) ist als geschlossener Ring ausgebildet, damit die Wege des Elektrozuges (12) möglichst kurz werden. Zum Durchfahren der scharfen Laufschienenbögen sind die Hängebahnkatzen für grofse Tragkräfte neuerdings von der Demag A.-G. in Duisburg nach einem Vorschlag von Reichsbahnrat Haldy in Essen mit drei Rädern ausgerüstet, von denen zwei auf dem äufseren und ein Rad auf dem inneren Unterflansch der Hängebahn laufen. Das Hubwerk der Hängebahn wird am besten elektrisch (auf Textabb. 2 noch von Hand!) angetrieben (Elektrozug), während für das Katzenfahrwerk wohl meist Handantrieb mittels Kettenhaspel genügt. Werden nur Wagenradsätze, die etwa 1,25 t wiegen, mit der Hängebahn befördert, so genügt eine Tragkraft des Elektrozuges von 2 t, während Lokomotivradsätze eine Tragkraft von 5 t erfordern. Mit der Hängebahn und entsprechend geformten Haken oder Klauen lassen sich auch sehr gut Seiten- und Kopfwände oder dergl. von Güterwagen, Hülsenpuffer usw. auswechseln, desgleichen an Lokomotiven Dampfdomteile, Luft- und Wasserpumpen, Vorwärmer und dergl. — Pumpen und Vorwärmer werden zweckmäfsig in dem Radsatzgleis (13) in einem ortsfesten (oder fahrbaren) Gestell von oben her bequem greifbar gelagert, das durch ein auf dem Gleise fahrbares Dach oder Hütte gegen Regen, Schnee und Schmutz geschützt ist. Vor allem aber eignet sich die Hängebahn sehr gut zum Verladen von Radsätzen und anderen schweren Teilen, z. B. Pumpen und Vorwärmern, sowohl aus dem Ausbessergleis (1) als auch aus dem Radsatzgleis (13) in etwa im Ausbessergleis (1) aufgestellte Güterwagen z. B. zwecks Abbeförderung zum Ausbesserungswerk und umgekehrt.

Weitere Anwendungsgebiete des Kranes.

Man erkennt aus den vorstehenden, aus bereits mehrjähriger praktischer Erfahrung gewonnenen Angaben, dafs der Bockkran, unter dem beschädigte Wagen und solche mit verschobenen Ladungen bunt durcheinander, also unter Fortfall des sonst erforderlichen vorherigen Umstellens, aufgestellt werden können, ein für Eisenbahnwagen nahezu universales Untersuchungs- und Ausbesserungsgerät darstellt, das aber auch — in kleinerer Ausführung — für andere Fahrzeuge z. B. Lastkraftwagen, usw. sich ebenfalls gut eignen dürfte. Aber nicht nur Wagen, sondern auch die Kessel von Lokomotiven lassen sich einseitig am hinteren Ende (nach Entfernen des Führerhauses) mit dem Krane soweit hochnehmen, dafs Ausbesserungsarbeiten an den sonst durch die Rahmen verdeckten Kesselteilen z. B. Stehbolzen vorgenommen werden können. An leichten Lokomotiven (bei Regelspur bis zu etwa drei Achsen) lassen sich ähnlich wie bei Säuretopfwagen durch stufenweises Hochnehmen einzelne oder sämtliche Radsätze auswechseln.

Mit zwei derartigen, am besten elektrisch fahrbaren Bockkränen lassen sich auch nach dem Neubertschen Verfahren (vgl. Glaser's Annalen 1926, Heft 1183, Seite 97 bis 98) sehr gut leere oder beladene Wagen von Breit- auf Regelspurradsätze und umgekehrt umsetzen. Dasselbe trifft zu für das Auswechseln sämtlicher Radsätze von Untersuchungswagen in Ausbesserungswerken, wofür zwei leichte Kräne von je etwa 5 bis 15 t Tragkraft genügen dürften, weil die Wagen hier unbeladen gehoben werden. Zum schnellen Hochnehmen von Lokomotiven, z. B. zwecks Auswechselns aller (oder auch einzelner) Radsätze dürften sich zwei kräftige Bockkräne mit passend geformten Haken dort, z. B. in grofsen Ausbesserungswerken, gut eignen, wo genügend Arbeit für sie anfällt.

Zusatzeinrichtungen zum Auswechseln einzelner Lokomotivradsätze.

Die guten Erfahrungen mit dem Senftenberger, nur für (meistens beladene) Güterwagen benutzten Bockkran, veranlafsten den Verfasser, den Bockkran auch zum Auswechseln von einzelnen Lokomotivradsätzen einzurichten und dadurch sein Anwendungsgebiet, insbesondere in den Betriebswerken, erheblich zu erweitern. In den mittleren und grofsen Betriebswerken, die zwar nur einen Anfall je Woche von etwa 1 bis 3 Radsätzen mit heifsgelaufenen Schenkeln oder auch scharf gelaufenen Spurkränzen oder lose gewordenen Radreifen haben, die aber ebenso wie abgelegene kleine Betriebswerke stets eine Achswechselvorrichtung besitzen müssen, würden zwei starke Bockkräne zum Hochnehmen der Lokomotiven zwecks Auswechselns einzelner Radsätze nicht ausgenutzt und daher viel teurer werden als eine gewöhnliche Lokomotivachssenke, die heute wohl nur mehr mit zwei oder vier, elektrisch angetriebenen Hubschraubenspindeln ausgeführt wird und eine etwa 3,6 m tiefe Grube erfordert. Es wurde daher nur ein einziger, fast genau wie für Wagenbehandlung gebauter Bockkran verwandt, mit dem dann aber nicht die Lokomotiven einseitig angehoben, sondern nur einzelne Radsätze gesenkt werden. Zu diesem Zwecke ist dem Bockkran (Abb. 1 bis 4, Taf. 34) eine mit vier, in Kugeln gelagerten Laufrädern versehene, niedrige Hebebühne (9) hinzugefügt, die im Bereich des Kranes in dem Ausbessergleis (1) und zwar am besten an dessen Anfang oder Ende mit Hilfe von besonders gesicherten Schubriegeln (15) für gewöhnlich fest eingebaut ist. Zum Senken eines einzelnen Lokomotivradsatzes (16) wird die Bühne (9) mittels vier einfacher Hängeeisen (17) oder dergl. (vergl. Textabb. 3, die einen Radsatz ohne Lokomotive zeigt) an die beiden Wagenhaken (5) des Bockkranes von 25 bis 30 t Tragkraft angehängt, dessen genaue Stellung über Mitte Bühne durch zwei in die Kranbahnschienen eingelegte Haken vorher festgelegt worden ist. Nach geringem Anheben der Bühne werden die dadurch entlasteten Riegel (15) mühelos fortgezogen, die Bühne zunächst zum Ablösen der Tragfedern etwas gesenkt und alsdann, an den vier lotrechten Leisten (18) geführt, in die Grube (19) abgelassen (Textabb. 4), auf derem Gleise (20) sie mit dem Radsatz nach Lösen der Gehänge (17) von Hand unter den Elektrozug (12) verfahren wird. Letzterer hebt den Radsatz aus der Grube (Textabb. 5) und setzt ihn im Radsatzgleis (13) oder sonstwo ab oder verlädt ihn auf etwa im Gleise (13) oder (1) aufgestellte Versandwagen. Beim Einbauen von Radsätzen wird in umgekehrter Reihenfolge verfahren. Damit die Grube (19) nur so flach — also auch so billig — wie möglich wird, wird der Radsatz (16) nur so tief gesenkt,

dafs seine Oberkante gerade unter der Unterkante der beiden Lokomotivrahmen hindurchgeht. Dies ergibt für Lokomotiven

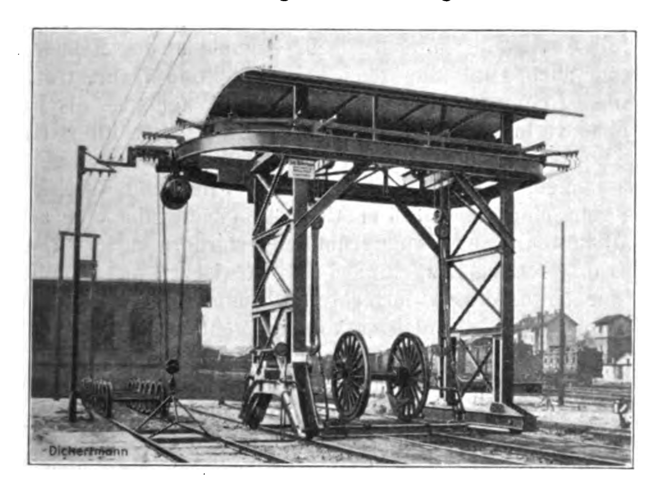


Abb. 3. Lokomotivradsatz auf der an die Wagenhaken angehängten Hebebühne.

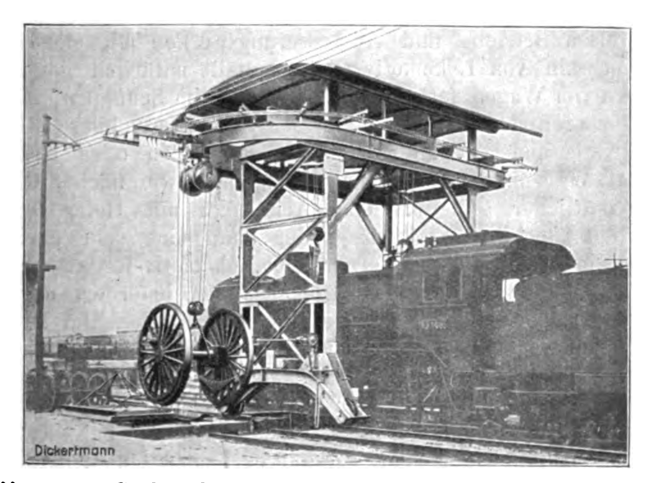


Abb. 4. In Grube abgelassene Hebebühne mit Lokomotivradsatz fertig zum Verfahren auf dem Grubengleis.

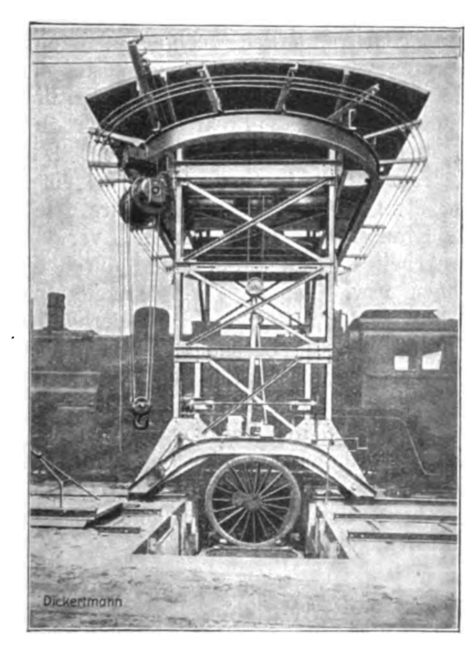


Abb. 5. Elektrozug hebt ausgebauten Lokomotivradsatz aus der Grube.

mit grofsen Radsätzen bis zu 2200 mm Durchmesser eine Tiefe der Gruben — von S.O. zu S O. gemessen — von nur 1,7 m. Es müssen infolgedessen für das Verfahren von Bühne (9) und Radsatz (16) auf dem Grubengleis (20) die zwei U-Eisen des einen Bockkranfufses (Textabb. 3 bis 5) nach oben hin ausgebogen sein, und das zugehörige Schienenstück (21) der Kranbahn (2) mittels einer kleinen, am Kranbein befestigten Handseilwinde (22) nach oben hin (in den Raum zwischen den U-Eisen des Kranfufses) aushebbar angeordnet sein. Ferner ist gegenüber dem für reine Wagenbehandlung bestimmten Krane die Hängebahn für eine Tragkraft des Elektrozuges von 5 t verstärkt worden. Diese Änderungen sind so geringfügig, dafs man sie bei neuen Kränen stets gleich mit vorsehen sollte, um später bei Bedarf ohne weiteres Bühne und Grube zum Auswechseln von einzelnen Lokomotivradsätzen (und dann wohl auch von Mittelradsätzen dreiachsiger Wagen und von Radsätzen gefüllter Säuretopf- und dergl. Wagen) hinzufügen zu können. Die Gleisbrücke über der Grube im Radsatzgleis (13) wird mittels eines dauernd angebauten (für gewöhnlich niedergeklappten) Gehänges (vergl. Textabb. 3 und 5 vorn links) durch den Elektrozug vorher an passender Stelle beiseite gelegt. Im übrigen ist die Grube bei Nichtgebrauch durch lose Bretter völlig zugedeckt (vergl. Textabb. 3, auf der die Bühne etwas angehoben ist). Unter dem Ausbessergleis (1) ist die Grube beiderseits etwas verbreitert und mit Tritten versehen, so dafs — aufser durch die Bühne (9) hindurch — auch von den Grubenverbreiterungen aus Achshalterstege, Bremsgehänge und dergl. vor dem Ausbau eines Radsatzes leicht von unten her entfernt werden können.

Platzbedarf.

Für den Platzbedarf eines solchen Universalbockkranes sei, weil die Abb. 1 bis 4, Taf. 34 nicht mafsstäblich sind, folgendes angegeben: Mitte Radsatzaufstellgleis (13) liegt etwa 5,0 m weit von Mitte Krangleis = Ausbessergleis (1) ab und die Aufsenkante eines auf der Rundlaufvorrichtung (14) befindlichen Wagenradsatzes von 1,0 m Laufkreisdurchmesser ragt etwa 4 m über Mitte Ausbessergleis (1) hinaus. Die Masten für die elektrische Schleifleitung können je nach den örtlichen Verhältnissen links oder am besten wohl rechts (Abb. 1, Taf. 34) vom Ausbessergleis aufgestellt werden. Die Höhe des Kranes einschliefslich des Daches beträgt 7,65 m über S.O. und läfst sich erheblich verringern, wenn der Kran etwa in Ausbesserungswerken oder sehr grofsen Betriebswerken nur zum Auswechseln von einzelnen Lokomotivradsätzen mittels Bühne in gedeckten Hallen benutzt werden soll.

Gleisanlage.

In Abb. 5, Taf. 34 ist ein für die wohl am meisten vorkommenden Fälle passender Lageplan einer Wagenausbesseranlage mit einem Krane dargestellt, in der auch Bühne und Grube zum Auswechseln einzelner Lokomotiv-Radsätze vorgesehen sind. Das unter dem Krane befindliche Gleis (1) für bunt aufgestellte, schwer beschädigte und umzuladende Wagen ist am besten von zwei Seiten her z. B. durch Weichen zugänglich zu machen. Gleis (13) dient zum Aufstellen der Radsätze, Gleis 23 und gegebenenfalls weitere Parallelgleise zum Aufstellen leicht beschädigter Wagen. Die Grube (19) liegt zweckmäfsig an einem der beiden Enden von Gleis 1 in einer Entfernung von etwa 18 m vom Merkzeichen ab, während am gegenüberliegenden Gleisende, und zwar in etwa 15 m Entfernung vom (andern) Merkzeichen des Gleises (1), sich das wohl viel öfter als die Grube (19) benutzte Gestell (24) für Vorwärmer, Pumpen usw. befindet. Mufs Gleis (1) als Stumpfgleis enden, so liegt Mitte Grube zweckmäfsig in etwa 13 m Entfernung von dem Prellbock ab, während das Gestell (24) für Vorwärmer und Pumpen an der Einfahrweiche in Gleis (1) fahrbar oder ortsfest aufgestellt ist. Ist das Stumpfgleis sehr kurz wegen Platzmangels in der Längsrichtung, sind dafür aber mehrere kurze Parallelgleise vorhanden, so ist der Kran durch exzentrisch gelagerte Rollen,

die für gewöhnlich nicht tragen, auch quer zur Richtung des Gleises verfahrbar zu machen, damit er an einer passenden, mit Querschienen versehenen Stelle auf die Parallelgleise überführt werden kann.

Anlagekosten und Wirtschaftlichkeit.

Während die Kosten eines einfachen, nur für die Behandlung von Wagen bestimmten Bockkranes von 25 + 2 t Tragkraft nach Textabb. 2, ausschliefslich elektrischer Zuleitung und Gleisanlagen etwa 12000 ℳ betrugen, haben die (bei weiteren Lieferungen jedenfalls noch erheblich senkbaren) Kosten für die Erstausführung des für die Mitbehandlung von Lokomotiven mit Hebebühne usw. versehenen Bockkranes von 25 + 5 t Tragkraft nach Abb. 1 bis 4, Taf. 34 ausschliefslich elektrischer Zuleitung und Gleisanlagen etwa 21000 ℳ betragen. Die Kosten der im Lichten etwa 1,7 m tiefen, 2,5 m breiten und 8,75 m langen Grube, deren Sohle aus Beton und Seitenwände aus Ziegelmauerwerk bestehen, betragen etwa 2000 bis 2200 ℳ (Gesamtkosten etwa 23000 ℳ). Die Kosten einer elektrisch angetriebenen, vierspindeligen Achssenke von gleicher Tragkraft betragen etwa 8000 ℳ, während die Kosten der zugehörigen, zwei Schuppengleise unterspannenden, etwa 3,6 m tiefen, 2,5 m breiten und 11,4 m langen Grube bei gutem Baugrund etwa 6000 ℳ, bei Spundwandgründung etwa 11000 ℳ betragen (Gesamtkoten etwa 14000 bis 19000 ℳ). In den meisten Fällen sind daher vorläufig die Gesamtbaukosten der Krananlage zwar gröfser als die einer reinen Achssenkanlage. Während aber die Achssenke im Lokomotivschuppen nur wenige Stunden in der Woche ausgenutzt werden kann, läfst sich der Bockkran in der übrigen Zeit in bester Weise sowohl zum Auswechseln von schweren Lokomotivteilen z. B. Pumpen, Vorwärmern usw. mittels des Elektrozuges, als auch zum Ausbessern von Wagen und zum Umladen von verschobenem oder grofsstückigem Ladegut mittels der Wagenhaken oder des Elektrozuges benutzen. Gerade in seiner aufserordentlich vielseitigen Verwendbarkeit liegt der grofse wirtschaftliche Vorteil des Bockkranes gegenüber den Achssenken. Wenn auch das Auswechseln der einzelnen Lokomotivradsätze im strengen Winter oder bei sehr unwirtlichem Wetter (in Deutschland also nur an wenigen Tagen im Jahre) mit einem im Freien arbeitenden und nur durch ein Dach (allenfalls auch noch durch ein an der Schlagwetterseite eingebautes Blech) geschützten Krane lästiger ist, als im warmen und allseitig geschlossenen Lokomotivschuppen, so ist doch für die übrige, in Deutschland also weitaus längste, Zeit des Jahres das Arbeiten mit dem Krane und in seiner flachen Grube im Freien viel angenehmer als in dem meist dunklen und rauchigen Schuppen mit seiner sehr tiefen und daher gefährlichen Grube. Die Achssenken befinden sich unter den Lokomotivaufstellgleisen und ihre Motoren und anderen Triebwerksteile leiden daher durch herabfallenden Schmutz und Wasser. Auch sind die tiefen Gruben, die überdies oft nicht gegen Grundwasser dicht zu halten sind, schon an sich stets feucht. Beim Krane schützt das Dach das Triebwerk völlig und in meist genügender Weise auch die Bedienungsmannschaften. Bei den Achssenken gehen überdies an einzelnen (falls auch Wagenradsätze ausgewechselt werden, an entsprechend mehr) Tagen der Woche ein bis zwei, für das Aufstellen von Betriebslokomotiven meist dringend benötigte Schuppenstände, deren Baukosten je Stand etwa 20 bis 30000 ℳ betragen, verloren, während der Kran keiner geschlossenen, teuren Überbauten bedarf. Müssen z. B. bei Umbauten die Achswechselgleise verlegt werden, so gehen bei einer Lokomotivachssenke an Grubenmauerwerk 6000 bis 11000 ℳ, bei einem Krane dagegen nur 2000 bis 2200 ℳ verloren. Alle diese Vorteile sprechen sehr zugunsten des Kranes und bewogen auch 1926 die Reichsbahn-Direktion Halle, trotz des bei allen Erstausführungen vorhandenen Wagnisses, als Ersatz für eine verbrauchte Lokomotivachssenke ganz alter Bauart einen Bockkran mit Bühne für das Bahnbetriebswerk Lübbenau zu beschaffen, dessen Untergrund aus Fliessand besteht und daher für eine neue 3,6 m tiefe Achssenkgrube eine aufserordentlich teure Spundwandgründung erfordert hätte. Die auf den Kran gesetzten Erwartungen sind inzwischen voll eingetroffen und der Kran, dessen lotrechte Führung der Bühne — wohl weil hängend — anstandslos vor sich geht, arbeitet sowohl an Lokomotiven als auch Wagen zur gröfsten Zufriedenheit.

War bisher angenommen, dafs das Krangleis, wie es wohl die Regel sein dürfte, in der Nähe des Lokomotivschuppens wie z. B. in Lübbenau liegt, so dürfte selbst bei grofser Entfernung der Wagenausbessergleise vom Lokomotivschuppen der Kran stets noch vorteilhafter sein, als eine der üblichen Lokomotivachssenken, zumal da der Kran zugleich ein billiges Verladen der Lokomotivradsätze in Versandwagen und umgekehrt gestattet. In grofsen Betriebs- und Ausbesserungswerken mit ständigem Auswechseln von Lokomotivradsätzen fällt natürlich das Ausbessern von Wagen fort. Aber auch hier (im Schuppen) dürfte ein fahrbarer oder ortsfester, niedriger Kran mit rauchgeschütztem Triebwerk und mit an zwei einfachen Seilen oder Laschen anstatt Wagenhaken aufgehängter Bühne sowie flacher Grube wirtschaftlicher sein, als eine Achssenke mit tiefer Grube. Mit dem Bockkran-Elektrozug, der dann eine sehr einfache Fahrbahn erhält, können ferner die Lokomotiv-Radsätze ohne weiteres bis zwischen die Drehbankspitzen befördert oder in Wagen verladen werden, während bei der Achssenke hierfür ein besonderer Förderwagen oder ein unter dem Schuppendach hängendes, bzw. fahrbares Hebezeug von 5 t Tragkraft notwendig werden würde. Macht man den Kran mit exzentrisch gelagerten Rollen, die für gewöhnlich nicht tragen, auch quer zur Richtung der Lokomotivgleise fahrbar, so kann er mehrere über der dann entsprechend verlängerten Grube angeordnete Bühnen bedienen.

Der Universalkran stellt somit ein für die Behandlung von Wagen und Lokomotiven sowohl in Betriebs- als auch Ausbesserungswerken vorzüglich geeignetes, neues Gerät dar und dürfte berufen sein, die Unterhaltungskosten der Fahrzeuge als auch die z. B. bei Wagenmangel sehr wesentliche Zeitdauer ihrer Entziehung aus dem Verkehr erheblich zu verringern. Die Betriebskosten des Kranes an elektrischem Strom sind sehr gering und betragen z. B. in Senftenberg bei einem Preis von 0,10 ℳ/KWh. etwa 150 bis 200 ℳ im Jahre. Selbstverständlich kann der Kran nur dort wirtschaftlich verwendet werden, wo genügend Arbeit für ihn anfällt, und durch die Ersparnis an Arbeitslöhnen usw. (genaue Vergleichszeitaufnahmen sind inzwischen in die Wege geleitet) und schnellere Wiederindienststellung der Fahrzeuge die Beschaffungskosten des Kranes in wenigen Jahren herausgewirtschaftet werden. Bei der besonders in den Betriebswerken an Ort und Stelle möglichen schnelleren Rückgabe der Wagen an den Verkehr ist weniger die bessere Verzinsung der Wagenbeschaffungskosten, sondern vielmehr die Möglichkeit in Betracht zu ziehen, mit den Wagen in verkehrsreichen Zeiten hohe Gewinne aus Frachten zu erzielen, die sonst an Lastkraftwagen fallen.

Elektrische Beleuchtungsanlage für Hilfsgerätewagen.

Von Dr. Ing. Ludwig Schultheiß, München.

Die Erfahrungen bei verschiedenen Aufräumungsarbeiten haben allgemein den Wunsch nach Verbesserung der Beleuchtungsverhältnisse an den Unfallstellen entstehen lassen.

In den letzten Jahren sind zwar verbesserte Beleuchtungsgeräte für diesen Zweck entstanden, z. B. die Scheinwerfer für Betrieb mit gelöstem Azetylen als Ersatz für das ver-



altete Nordlicht, und die Petroleum- und Benzinstarklichtlampen.

So brauchbar diese Beleuchtungseinrichtungen sind, restlos befriedigen sie hinsichtlich Lichtstärke, Betriebssicherheit, Betriebsbereitschaft und Beweglichkeit nicht, am allerwenigsten aber hinsichtlich Feuersicherheit bei Gasausströmungen und Betriebssicherheit bei Sturm und Regen. Den beiden letztgenannten Forderungen vermag wohl nur die elektrische Beleuchtung ausreichend zu entsprechen.

Zwei Arten von Stromerzeugern kommen hierbei in Frage: Die Batterie und die Anlage mit Verbrennungsmotor und Stromerzeuger, kurz als Benzindynamo bezeichnet. Als Betriebsstoff kommt wohl nur Benzin, Benzol oder ein Gemisch von beiden in Frage, da das Gewicht der Maschine für Schwerölbetrieb zu grofs wird, und die Wirtschaftlichkeit des Betriebes nicht die ausschlaggebende Rolle spielt, wie bei anderen Verwendungszwecken.

Was die Betriebssicherheit anbelangt, so steht die Batterie wohl an der Spitze, sorgfältige Überwachung und rechtzeitige Ladung vorausgesetzt. Der Benzinmotor hat aber in der Zeit nach dem Krieg einen solchen Grad der Vollkommenheit erreicht, dafs eine damit betriebene Lichtanlage den Anforderungen hinsichtlich Betriebssicherheit und Betriebsbereitschaft in jeder Hinsicht genügt.

Der Hauptnachteil der durch eine Batterie gespeisten Anlage liegt in der verhältnismäfsig geringen Lichtmenge, welche die Verwendung von Scheinwerfern nach Art der Autobeleuchtung bedingt, der begrenzten Betriebsdauer durch Erschöpfung und der Notwendigkeit der Aufladung und Unterhaltung derselben auch bei Nichtverwendung.

Die Anschaffungs- und Betriebskosten sind bei der Maschinenbeleuchtung eher geringer wie bei der Batteriebeleuchtung, wie der nachstehende Vergleich zweier ungefähr gleichwertiger Anlagen erkennen läfst (Zusammenstellung 1 und 2). Aufserdem besitzt sie dieser gegenüber den Vorzug der beliebigen Benützungsdauer sowie der stärkeren und nahezu blendungsfreien Beleuchtung. Als besonderer Nachteil der Batteriebeleuchtung kommt hinzu, dafs wegen des hohen Stromverbrauches wohl keine Handlampen mitgeführt werden können, während dies bei der Maschinenbeleuchtung ohne Schwierigkeit möglich ist.

Aus den vorerwähnten Gründen wurde vom Maschinenamt München 2 eine elektrische Beleuchtungsanlage mit Benzinmotor entworfen, die aus folgenden Teilen besteht:

1. einer Benzindynamo von 2,2 kW Dauerleistung,
2. vier Beleuchtungsmasten mit
3. je zwei Beleuchtungskörpern,
4. einer Allgemeinbeleuchtung (Rohrmast und Beleuchtungskörper),
5. fünf Handlampen mit Kabel und Stecker,
6. Grubenkabeln von verschiedener Länge mit Steckern, Verbindungsstücken und Aufrollvorrichtungen.

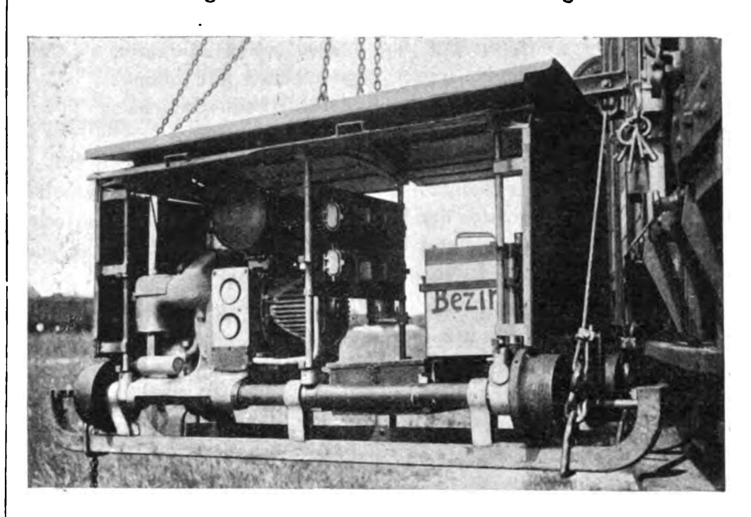


Abb. 1. Maschinenanlage 2 kW Dauerleistung.

Für die Wahl der Stromerzeugungsanlage waren mafsgebend: gröfste Betriebssicherheit, stete Betriebsbereitschaft, leichte Bewegbarkeit, geringes Gewicht und gleichförmiger Lauf der Maschine. Eine Leistung von etwa 2 kW wurde als ausreichend erachtet. Zur Zeit der Bestellung entsprach den gestellten Forderungen am besten eine Anlage, wie sie unter Mitwirkung des Maschinenamts München 2 von der Firma Robel München für Gleisoberbauzwecke entworfen wurde (Abb. 1).

Zusammenstellung 1.

Anschaffungspreis einer Beleuchtungsanlage, bestehend aus

1 Benzindynamo mit 2,2 kW Dauerleistung,
4 Masten mit je 2 parabolischen, horizontal und vertikal dreh- und schwenkbaren Beleuchtungskörpern, Bauart MA Mü 2,
5 Handlampen,
1 Allgemeinbeleuchtung.

Anschaffungspreis:

Gegenstand	Gewicht kg	Preis ℳ
1 Benzindynamo mit Zubehör und Ersatzteilen, 2,2 kW Dauerleistung	360	—
mit 5 Grubenkabeln 30 m und 2 Grubenkabeln je 15 m	—	2827
4 Beleuchtungsmaste aus gezogenem Stahlrohr	—	440
8 Reflektoren, innen emailliert, einschliefslich Glühlampen, mit je 2 m Kabel und Stecker .	—	284
1 Allgemeinbeleuchtung mit Mast	—	110
5 Handlampen mit Kabel und Stecker	—	79
	—	3740

Bemerkung: Verwendete Glühlampen (110 Volt) für die
Beleuchtungskörper . . . . 8 × 200 = 1600 Watt,
für die Allgemeinbeleuchtung . . . . . 1 × 400 = 400 „
für die Handlampen . . . . 5 × 50 = 250 „
2250 Watt.

4 Bosch-Batterien je 100 Amp./Std.
4 Zeifs-Scheinwerfern, Type Zesfeu 360, mit Abblendung,
4 zusammenlegbaren Holzstativen. Ohne Allgemeinbeleuchtung, ohne Handlampen.

Anschaffungspreis:

Gegenstand	Gewicht kg	Preis ℳ
4 Bosch-Batterien 6 Bl 10 100 Amp. Std., gefüllt und geladen, mit Blechkasten . . .	4 × 60 = 240	1178
4 Scheinwerfer mit Glühlampen, schwenkbare Gabel	—	1912
4 Holzstative, zusammenlegbar	—	450
2 × 50, 3 × 30 m Grubenkabel	—	288
4 Aufbewahrungskasten für Scheinwerfer und Zubehör	—	342
	—	4170

Bemerkung: Bei Verwendung von 100 Watt Glühlampen (12 Volt), beträgt die tatsächliche Brenndauer nur 10 Stunden.

Zusammenstellung 2.

Bei Annahme einer Benutzungsdauer von 200 Std./Jahr*) betragen die Betriebs- und Unterhaltungskosten der Beleuchtungsanlage:

Mit Benzindynamo	RM	Mit Batterie	RM
Verzinsung des Anschaffungswertes von 3740 ℳ zu 7 %	262	Verzinsung des Anschaffungswertes von 4170 ℳ zu 7 %	292
Tilgung in 20 Jahren	91	Tilgung der Batterie (1178 ℳ) in 10 Jahren	85
Aufwand für Benzin und Öl	150	Tilgung der übrigen Teile (2992 ℳ) in 20 Jahren	85
Ausbesserung, Unterhalt	52	Stromkosten und Löhne.	75
		Ausbesserung, Unterhalt	200
Jährliche Kosten . . .	555	Jährliche Kosten . . .	737

*) Bei geringerer Benutzungsdauer verschieben sich die Verhältnisse noch mehr zugunsten der Dynamobeleuchtung, weil die Batterie auch im unbenutzten Zustand Unterhaltkosten verursacht, was bei der Benzindynamo nur in verschwindendem Mafs der Fall ist.

Der Antriebsmotor ist ein mit einem Speziallüfter luftgekühlter Zweizylinder-Viertaktmotor mit gegenüber angeordneten Zylindern. Diese Anordnung erhöht nicht nur die Betriebssicherheit gegenüber dem Einzylindermotor, sondern verbessert auch den Massenausgleich und ermöglicht schnelleren Anlauf bei kalter Witterung. Ein an der Maschine angebrachter selbsttätiger Gasregler hält die Drehzahl der Maschine bei wechselnder Belastung auf gleicher Höhe. Die mit Sonderisolation (Feuchtigkeitsschutz) versehene Dynamomaschine ist mit dem Motor unmittelbar gekuppelt und auf eine gemeinsame Grundplatte aufgesetzt. Die Dynamo liefert Gleichstrom von 110 Volt Spannung. Vorhanden sind weiterhin ein Strommesser, ein Spannungsmesser, ein Ausschalter und fünf Steckdosen zu Kabelanschlüssen. Eine allseitige, verschliefsbare und aufklappbare Verkleidung aus Blech schützt die gesamte Anlage zuverlässig gegen Witterungseinflüsse ohne die Zugänglichkeit zu den einzelnen Teilen zu beeinträchtigen. Die Maschinenanlage kann aus dem Hilfsgerätewagen herausgenommen werden. Dies ist unbedingt notwendig, weil bei Unfällen der Standort des Wagens in den seltensten Fällen beibehalten werden kann. Die Aufräumungsarbeiten erfordern dauernd die Veränderung der Stellung des Hilfsgerätewagens zwecks Heranführung von Hilfslokomotiven an die Unfallstelle oder Entfernung beschädigter Wagen und Maschinen. Die Einrichtung ist deshalb tragbar und auf Rädern mit niedrig abgedrehten Spurkränzen fahrbar, so dafs Bewegung auf den Schienen wie auf dem Boden möglich ist. Aufserdem ist die Anlage mit unter die Räder schwenkbaren Schlittenkufen versehen, die durch Kurbel und Triebwerk verstellt werden können.

Eingehende Versuche haben gezeigt, dafs die Anlage eine Dauerleistung von 2,2 kW zu liefern vermag, und auf kürzere Zeit durch entsprechende Verstellung des Gasreglers noch weiter überlastet werden kann. Der Anwurf des Motors gelingt im ungünstigsten Falle bei strenger Kälte im Winter in längstens fünf Minuten. Zur weiteren Verkürzung der Anlaufzeit ist der Einbau einer Einrichtung zur elektrischen Vorwärmung des Gasgemisches beabsichtigt.

Das Gewicht der gesamten Anlage beträgt einschliefslich Benzin- und Ölvorrat, Werkzeugkasten und Zubehör 360 kg. Sie kann von sechs Mann getragen werden. Das Ausladen aus dem Wagen sowie das Einladen geschieht gewöhnlich unter Zuhilfenahme eines Flaschenzuges, der an einem kleinen Drehkran befestigt wird (Abb. 2). Inzwischen sind auf dem Markt leichtere Anlagen erschienen, die, falls die Verringerung des Gewichtes nicht auf Kosten der Betriebssicherheit erfolgt ist, an Stelle der oben bezeichneten Maschinenanlage treten können.

Die Beleuchtungsmaste bestehen aus einem Mastfufs und einem darin verschiebbaren Rohrmaste. Der Mastfufs von 1 m

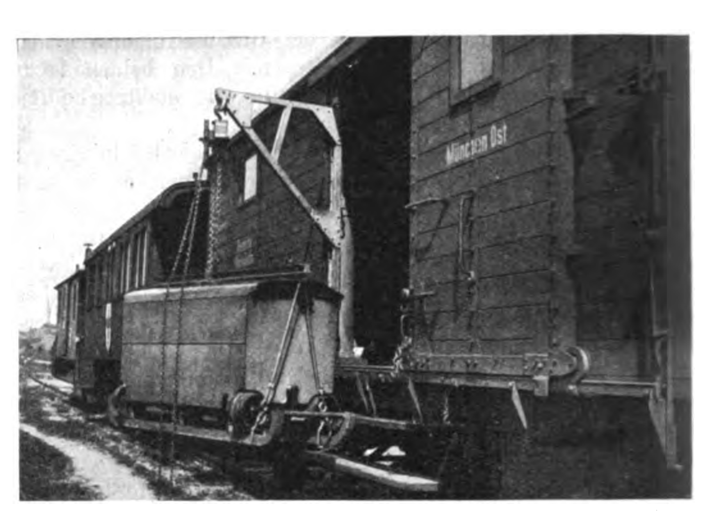


Abb. 2. Verladeeinrichtung für die Maschinenanlage.

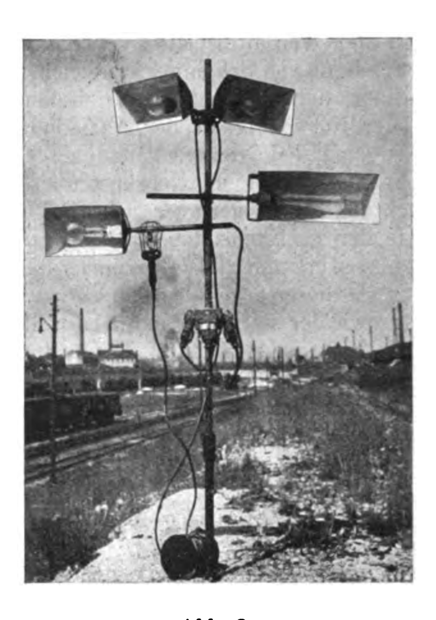


Abb. 3.
Beleuchtungsmast mit verschiedenen Formen von Beleuchtungskörpern.

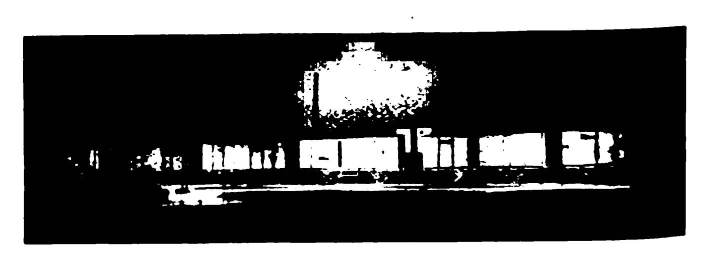


Abb. 4. Beleuchtung eines Güterzuges mit drei Beleuchtungsmasten (sechs Lampen von je 200 Watt). Nachtaufnahme.

Länge aus Stahlrohr mit Ansatzstück und zwei Stellschrauben wird in den Boden eingeschlagen. An dem 2,3 m langen Rohrmast aus gezogenem Stahlrohr sind vier wasserdichte, 15 Ampère-steckdosen für die Kabelanschlüsse (Maschine, Beleuchtungskörper, Handlampe) angebracht. Die Maste haben genügende Standsicherheit. Das Einschlagen des Mastfufses in den Boden ging auch bei hartgefrorenem Erdreich gut von statten. Jeder Mast trägt

zwei Beleuchtungskörper, die in wagrechter und senkrechter Richtung verstellbar sind, so dafs der Lichtstrahl nach jeder beliebigen Richtung geleitet werden kann.

Es wurden seitens des MA 2 die auf Abb. 3 dargestellten drei verschiedenen Formen von Beleuchtungskörpern erprobt. Die Anordnung von zwei Lampen in gleicher Höhe und die Form der Blenden verfolgt den Zweck, eine langgestreckte Beleuchtung bei geringer Höhe zu erreichen, um eine möglichst grofse Zugslänge bestreichen zu können (Abb. 4). Der Querschnitt des Reflektors ist parabolisch, der Längsschnitt rechteckig. Als Lichtquelle sind 200 Watt-Nitralampen vorgesehen. Es hat sich gezeigt, dafs die Lage der Glühfadenebene zum Reflektor ziemlich gleichgültig ist. Es können Reflektoren nach Ausführung Abb. 3 links unten oder Abb. 3 oben verwendet werden. Sofittenlampen (Abb. 3 rechts unten) lieferten kein besseres Ergebnis als gewöhnliche Glühlampen. Dem Vorteil der etwas geringeren Blendung der Lichtquelle infolge des langgestreckten Glühfadens stehen die grofse Empfindlichkeit und der etwa 3,5 fache Preis dieser Lampen gegenüber. Sämtliche Lampen haben grofse Widerstandsfähigkeit gegen Erschütterungen gezeigt.

Aufser den vier Beleuchtungsmasten mit je zwei Lampen ist noch ein Ständer für Allgemeinbeleuchtung vorgesehen, der unmittelbar an der Lichtmaschine zur Aufstellung kommt.

Die Grubenkabel von 30 und 15 m Länge besitzen an beiden Enden wasserdichte Stecker aus Gufseisen. Neuerdings werden auch Stecker aus Leichtmetall hergestellt, die wegen ihres geringeren Gewichtes vorzuziehen sind. Die einzelnen Kabelstücke können im Bedarfsfall durch Zwischenstücke miteinander verbunden werden.

Die Beleuchtungsanlage hat sich in allen Teilen sehr gut bewährt und bei Einhebungsarbeiten schon mehrmals die ganze Nacht hindurch anstandslos gearbeitet. Die Beleuchtung ist sehr gleichmäfsig und übertrifft auch an Helligkeit alle bisher bekannt gewordenen Beleuchtungsarten.

Berichte.

Lokomotiven und Wagen.

Von geschätzter Seite erhalten wir folgende Zuschrift:

Ergebnisse aus Indizierversuchen mit Lokomotiven im Leerlauf.

Unter dieser Überschrift veröffentlicht ein Herr E. H. einen kurzen Aufsatz in Heft 14 dieser Zeitschrift vom 30. Juli 1927, der zu schärfstem Widerspruch herausfordert, weil er ein völlig schiefes Bild von dem Wert genauer Werkstättenarbeit und von Versuchen mit Lokomotiven entwirft.

Nach der Angabe des Verfassers ist es „allgemein bekannt“, dafs zwei Lokomotiven gleicher Gattung, selbst von ein- und derselben Bauanstalt „verschiedenen Dampfverbrauch bei gleichen Leistungen haben; weiter sind nach seiner Ansicht die Laufwiderstände gleicher Lokomotiven wesentlich verschieden, und endlich gibt es danach einen objektiven Mafsstab zur Beurteilung der Lokomotiven nicht, sondern das einzig zuverlässige Urteil wäre das Gefühl des Lokomotivführers. Hätte der Verfasser recht, so könnten alle Lokomotivbauanstalten und Werkstätten getrost die Mühe und Kosten des Austauschbaues und des Genaumefsverfahrens bei der Her- und Wiederherstellung ersparen, und die Lokomotivversuche könnten eingestellt werden. In Wirklichkeit liegt die Sache ganz anders.

Der Gedanke zu untersuchen, wie weit zwei gleichartige Lokomotiven verschiedener Herkunft, aber von gleich sorgfältiger Bau- oder Ausbesserungsweise in ihrem Verbrauch, also ihrer Wirtschaftlichkeit, übereinstimmen, kann selbstverständlich sehr wohl auftauchen. Es bedurfte nicht der Behauptung des Herrn E. H., dafs gleiche Verbrauchszahlen und Leistungen nicht erzielbar wären, um zu einem solchen Versuch etwa mittelbar anzuregen. Vielmehr sind auf Veranlassung der Reichsbahnhauptverwaltung bereits 1925 Vergleichsversuchsfahrten mit 3 G 12-Lokomotiven ausgeführt worden, die nach dem neuen Genaumefsverfahren bei der Allgemeinen Elektrizitäts-Gesellschaft, bei Borsig und Henschel ausgebessert worden waren. Die Verbrauchszahlen, ausgedrückt in kg Dampf/PS$_e$h als völlig exaktem Mafsstab wurden für jede Lokomotive bei einer genügenden Zahl verschiedener Leistungen ermittelt, um aus den zugehörigen Punkten in der zeichnerischen Darstellung eine sichere Verbrauchskurve in Abhängigkeit von der Leistung aufzuzeichnen. Die Kurven der drei Lokomotiven decken sich in der zeichnerischen Darstellung fast völlig; die etwa noch erkennbaren Unterschiede sind jedenfalls so gering, dafs sie das Prädikat der praktischen Gleichheit nicht stören und ihren Grund auch ebenso gut in geringfügigen Fehlerquellen der Mefseinrichtungen haben können. Darüber hinaus haben die neueren sorgfältigen Feststellungen der Reichsbahn mit den Lokomotiv-Mefswagen zu der Erkenntnis geführt, dafs die mechanischen Wirkungsgrade der Güterzuglokomotiven bei geringen Geschwindigkeiten, aber hohen Leistungen, also bei Fahrten auf Steilrampen, in sehr engen Grenzen, etwa von 92 bis 95 % liegen, obwohl es sich dabei um Lokomotiven verschiedener Achsgruppierungen und von verchiedenem Triebwerk mit zwei bis vier Zylindern handelt. Wenn trotz dieser Verschiedenheit der Lokomotiven, die deshalb zu etwas verschiedenen Wirkungsgraden auch berechtigt, das Gebiet der Wirkungsgrade im Sinne des reinen Reibungswiderstandes so aufserordentlich schmal ist, so beweist das eben, dafs man sehr wohl Lokomotiven von praktisch gleichem Eigenwiderstand, und zwar erfreulich geringem Eigenwiderstand, durch sorgfältige Werkstättenausführung erhält. Auch die Wirkungsgradkurven jener 3 G 12-Lokomotiven sind nachträglich ermittelt worden und haben sich nur ganz geringfügig unterschieden.

Ist hiernach schon die Behauptung des Herrn E. H. von der absoluten Ungleichartigkeit zweier Lokomotiven grundsätzlich falsch, so sind seine Ausführungen nicht einmal für den Leerlauf der von ihm behandelten Lokomotiven völlig schlüssig. Selbst wenn man davon absieht, dafs es sich wahrscheinlich bei den betreffenden Lokomotiven um die gröfsten beobachteten Abweichungen handelt, so hat doch der Verfasser mehrere entscheidende Umstände aufser Betracht gelassen. Zunächst hat er die Diagramme nicht ausplanimetriert und daher zahlenmäfsig gar nicht festgestellt, ob denn die Leistungsabweichungen wirklich in allen Fällen so erheblich sind, wie er in Worten behauptet. Zweitens leitet er die grofsen Abweichungen aus den wesentlich verschiedenen Füllungen ab; dabei bezeichnet er eine Füllung, bei der die Steuerungsmutter zwischen 0,1 und der sogenannten 0-Füllung steht, als 0,05. Er bringt dabei nicht zum Ausdruck, dafs die sogenannte Nullfüllung keineswegs eine wirkliche Nullfüllung bedeutet, sondern bei den üblichen Steuerungen eine solche von 5 bis 6 %. Die von ihm als 5 % bezeichnete Füllung beträgt daher in Wirklichkeit etwa 8 %, und damit ist die Verschiedenheit der Diagramme ohnehin nicht so grofs, wie aus der „scheinbaren“ Füllung zu schliefsen wäre. Weiterhin fehlt jede Angabe über die Witterung. Wenn z. B. die Fahrten sich einmal bei günstigem Wetter, andererseits bei kräftigem Gegenwind abgespielt haben, so hat im letzten Falle die Lokomotive eine höhere Leistung für ihre Fortbewegung hergeben müssen, aber nicht weil der Reibungswiderstand gröfser war, sondern weil sie einen gröfseren Luftwiderstand zu überwinden hatte. Gerade bei leer und schnell fahrenden Lokomotiven ist der Anteil des Luftwiderstandes erheblich. Auch beziehen sich gerade scheinbar beweiskräftige Angaben auf Geschwindigkeitsänderungen, also Beschleunigungskräfte neben Widerstandskräften, und verstofsen damit gegen die Hauptregel jeder zuverlässigen Widerstandsmessung: die Vornahme im Beharrungszustand; ebenso ist in keiner Weise auf etwa veränderte Steigung Rücksicht genommen, und die Dampfdrücke sind wesentlich verschieden (9 bis 12 at). Sind hiernach die Ausführungen des Verfassers nicht schlüssig, so erwähnt er überhaupt nicht die Möglichkeit, dafs anderseits die Einregelung der Steuerung oder die Arbeitsausführung in dem einen oder andern Falle nicht gut gewesen sein kann. Die Versuchsakten des Reichsbahn-Zentralamts enthalten mehrere interessante Fälle, in denen Leistung und Wirtschaftlichkeit einiger Lokomotiven gerade durch

mangelhafte Steuerungseinstellung, vielleicht auch mangelhafte Dichtigkeit der Schieber und Kolben erheblich beeinträchtigt waren.

Zusammenfassend ist also nochmals zu sagen, dafs die Ansicht des Herrn E. H. von der Unmöglichkeit gleich wirtschaftlicher und leistungsfähiger Lokomotiven völlig unzutreffend ist.

Reichsbahn-Zentralamt. Nordmann.

2 D 1 - h 2 Personenzuglokomotive der Pennsylvania Bahn.

Hierzu Tafel 35.

Die Pennsylvania Bahn hat neuerdings 200 Stück 2 D 1-Lokomotiven in Dienst gestellt, von denen 175 Stück von Baldwin, die restlichen 25 von den Lima-Werken gebaut wurden. Die genannte Bahn ist so ziemlich die einzige in den Vereinigten Staaten, deren Lokomotiven noch gewisse Eigentümlichkeiten aufweisen; auch die neuen Lokomotiven zeigen verschiedene bemerkenswerte Neuerungen, vor allem eine Erhöhung des Kesseldrucks auf 17,6 at bei im wesentlichen noch normaler Ausführung des Kessels bzw. der Feuerbüchse.

Wie bei den meisten neueren Lokomotiven der Bahn ist der Kessel in Belpaire-Form ausgeführt. Der Langkessel besteht aus zwei Schüssen; der vordere Schufs ist kegelförmig ausgebildet mit 2146 mm äufserem Durchmesser vorn und 2438 mm hinten. Um die Rohre möglichst kurz zu halten, ist eine annähernd 2,5 m lange Verbrennungskammer vorgesehen. Die flache Decke des Belpaire-Stehkessels zieht sich bis über die Verbrennungskammer vor; der Kesselschufs besteht an dieser Stelle aus vier Teilen, der Decke, zwei Seitenteilen und einem Unterteil, das hinten gleich als Stehkesselvorderwand ausgebildet ist. Der Stehkessel ist aus einer Decke und zwei Seitenteilen zusammengesetzt, der Feuerbüchsmantel aus einem Stück hergestellt. Die Feuerbüchsvorderwand bildet wieder ein Stück mit dem Unterteil der Verbrennungskammer. Um den bei der grofsen Länge der Feuerbüchse samt Verbrennungskammer bedeutenden Einflufs der Wärmeausdehnung auszuschalten, ist zwischen beiden ein kurzer Ausdehnungs-Schufs eingeschoben. Die Lokomotive besitzt Kleinrohrüberhitzer; die Rauchrohre sind in die hintere Rohrwand eingeschweifst.

Das Triebwerk ist sorgfältig durchgebildet, um das Gewicht möglichst niedrig zu halten. Die Kreuzköpfe sind nur einseitig geführt und aus Vanadiumstahl hergestellt, die Zapfen sind gehärtet. Die Rahmenwangen sind aufserordentlich kräftig gehalten; sie sind 178 mm, oberhalb der Kuppelachsen mit einer Versteifungsrippe sogar 240 mm stark. Jede Rahmenwange bildet ein besonderes Stahlgufsstück.

Von der Ausrüstung sind zwei nichtsaugende Strahlpumpen und das — in Amerika bisher wenig übliche — Druckluftläutewerk zu erwähnen. Bei der Betätigung dieses Läutewerks mit Druckluft bewegt sich, wie üblich, der Klöppel; es kann aber auch die Glocke selbst von Hand bewegt werden. Vorwärmung des Speisewassers ist nicht vorgesehen. Der Tender mit Stahlgufsrahmen ruht auf zwei zweiachsigen Drehgestellen.

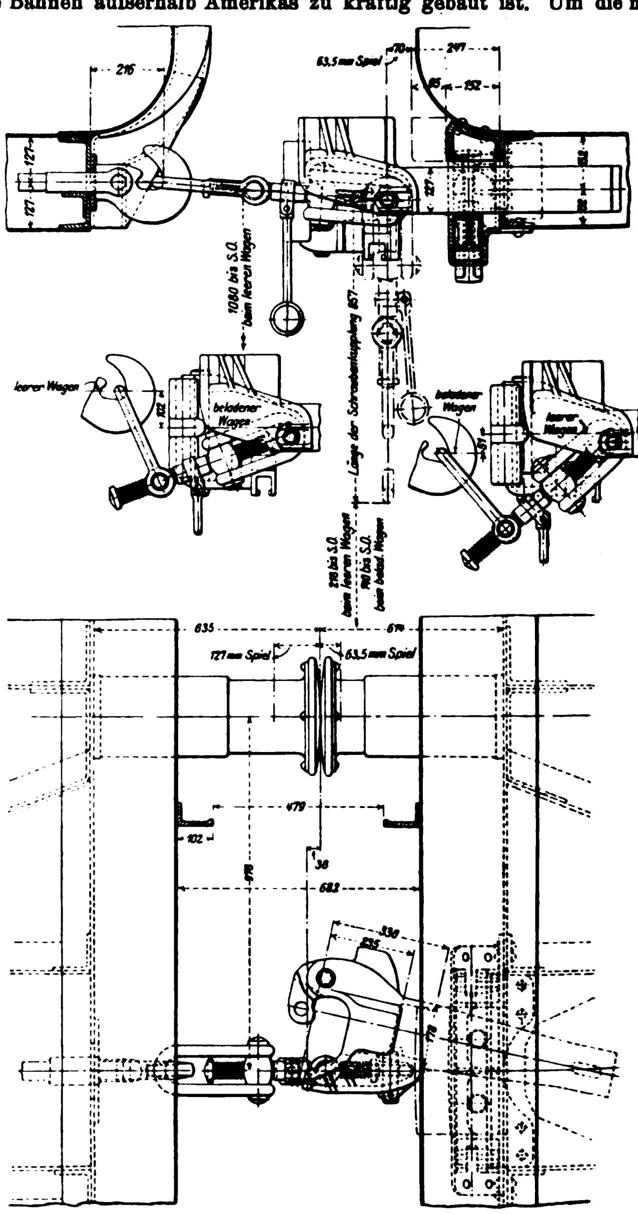
Die Hauptabmessungen sind:

Kesselüberdruck p	17,6 at
Zylinderdurchmesser d	686 mm
Kolbenhub h	762 „
Kesseldurchmesser gröfster aufsen	2438 „
Kesselmitte über Schienenoberkante	2978 „
Heizrohre: Anzahl	120 Stück
„ Durchmesser	57 mm
Rauchrohre: Anzahl	170 Stück
„ Durchmesser	89 mm
Rohrlänge	5817 „
Heizfläche der Feuerbüchse mit Verbrennungskammer und Wasserrohren	37,0 m^2
Heizfläche der Rohre	400,0 „
„ des Überhitzers	151,0 „
„ — im ganzen — H	588,0 „
Rostfläche R	6,5 „
Fester Achsstand (Kuppelachsen)	5740 mm
Ganzer Achsstand der Lokomotive	12510 „
„ „ der Lokomotive einschl. Tender	24178 „
Durchmesser der Treibräder	1829 „
„ „ Laufräder vorn	838 „
„ „ „ hinten	1270 „
„ „ Tenderräder	914 „
Reibungsgewicht G_1	121,0 t
Belastung des Drehgestells	27,2 „
„ der Schleppachse	25,5 „
Dienstgewicht der Lokomotive G	173,5 „
„ des Tenders	98,5 „
Vorrat an Wasser	41,5 m^3
„ „ Brennstoff	16,0 t
H : R	90,5
H : G	3,4 m^2/t
H : G_1	4,86 m^2/t

(Railway Age 1926, 2 Halbj., Nr. 21.) R. D.

Majex-Kupplung mit Übergangs-Schraubenkupplung.

Die Majex-Kupplung ist eine etwas leichtere Ausführung der bei den nordamerikanischen Bahnen allgemein verwendeten selbsttätigen Mittelpufferkupplung, der sogenannten D-Kupplung, die für die Bahnen aufserhalb Amerikas zu kräftig gebaut ist. Um die neue



Majex-Kupplung mit Übergangs-Schraubenkupplung.

Kupplung auch auf solchen Bahnen zur Einführung zu bringen, die bisher noch Schraubenkupplungen verwenden, ist eine Übergangsvorrichtung geschaffen worden, die eine Verbindung mit diesen Kupplungen ermöglicht. Die feste Klaue der Kupplung ist im unteren Teil abgeschnitten um Platz für eine vorläufige Schraubenkupplung zu schaffen, die seitlich der Kupplungsmitte im Kopfe der Kupplung aufgehängt ist, so dafs sie bei der Verbindung mit dem Zughaken eines anderen Wagens die Majex-Kupplung etwas seitlich schiebt

und unter dem restlichen oberen Klauenteil durchschlagen kann (s. Textabbildung).

In dieser Form wird die Kupplung jetzt auf den wichtigsten Bahnen in Indien eingeführt. Die Great Indian Peninsula Bahn und die Bombay, Baroda and Central India Bahn haben schon ihre elektrischen Triebwagenzüge für den Vorortverkehr damit ausgerüstet. Der erste und letzte Wagen jedes Zuges besitzt die Übergangskupplung. Andere Bahnen haben mit dem Einbau in einzelne Fahrzeuge begonnen.

Die Anbringung der Majex-Kupplung an vorhandenen Wagen erfordert nur geringe Änderungen an den Wagen selbst. Am Pufferträger wird ein Führungsstück aus Stahlguſs aufgesetzt und auſserdem muſs die Länge der Puffer etwas verringert werden. Bei den indischen Bahnen hat man hierzu einfach einige der dort verwendeten Gummiringe herausgenommen und damit zugleich das Pufferspiel von 127 mm auf die Hälfte verkürzt. Es muſs noch bemerkt werden, daſs trotz der oben erwähnten Verschwächung der einen Kupplungs-Klaue, die übrigens nur bei den Übergangskupplungen vorgenommen wird, diese allen Beanspruchungen des Betriebes noch vollauf gewachsen sein soll.

Übrigens gibt es noch einen anderen Weg, um dasselbe Ziel zu erreichen. Die Süd-Australische Staatsbahn legt die amerikanische Kupplung etwas tiefer als die vorhandene Schraubenkupplung und bringt diese oben auf ihr in Eingriff*). Man vermeidet damit zwar die doch etwas unerwünschte Verschwächung der Klauenkupplung; andererseits ist aber die Tieferlegung derselben an den vorhandenen Wagen oft nicht ganz einfach und bringt auf alle Fälle ein gewisses Mehrgewicht mit sich. R. D.

(Engineering 1926, Nr. 3175.)

Versuchsergebnisse mit der 2 E 1 - h 3 v-Lokomotive von Baldwin).**

Die Versuchslokomotive von Baldwin, Nr. 60000, die mit Dreizylinderverbundanordnung und 24,5 at Kesselüberdruck gebaut wurde, ist nunmehr auf dem Prüfstand in Altoona eingehend untersucht worden. Es hat sich dabei ergeben, daſs die Kurve des Dampfverbrauchs bei ihr flacher verläuft als bei sämtlichen bisher untersuchten Lokomotiven mit einfacher Dampfdehnung. Für alle Füllungen von 50 bis 80% im Hochdruckzylinder und 20 bis 50% in den Niederdruckzylindern und für alle Geschwindigkeiten von 80 bis 160 Umdrehungen in der Minute, entsprechend 24 bis 48 km/h, soll der Dampfverbrauch zwischen 6,5 und 6,9 kg/PSh gelegen haben und sogar bei 90 bzw. 70% Füllung soll er nicht mehr als 7,4 kg bei einer Geschwindigkeit von 24 km/h und nicht mehr als 7,6 kg bei einer Geschwindigkeit von 35 km/h betragen haben. Dagegen bewegt sich der Dampfverbrauch der amerikanischen Regel-Lokomotiven mit 14 at Dampfdruck zwischen 7,7 und 12 kg/PSh. Der Minderverbrauch der Baldwin-Lokomotive dürfte also wohl auf die Verbindung des erhöhten Kesseldruckes mit der Verbundwirkung zurückzuführen sein. Die gröſste Zugkraft von 32000 kg wurde bei einer Geschwindigkeit von 24 km/h, eine solche von 16000 kg bei einer Geschwindigkeit von 92 km/h erreicht. Bei Versuchsfahrten vor Zügen wurden aber noch höhere Zugkräfte bis zu 39000 kg erzielt.

Auch die Kohlenverbrauchskurve soll sehr flach verlaufen. Beispielsweise soll der Verbrauch in den Geschwindigkeitsgrenzen von 24 bis 40 km/h immer etwa 78 kg/km betragen haben bei Zugkräften von 20000 bis 18000 kg.

Nach Beendigung der Versuche auf dem Prüfstand ist die Lokomotive Nr. 60000 bei fünf verschiedenen Bahnen gefahren und hat dabei noch rund 30000 km zurückgelegt. Dabei wurden die Ergebnisse der Prüfstandsversuche bestätigt; die Zugkräfte waren sogar, wie oben erwähnt, teilweise noch höher. Auf der Pensylvania-Bahn betrug beispielsweise bei verschiedenen Fahrten mit einem 6200 t schweren Zug über eine 132 km lange Strecke mit 3‰ Steigung der Kohlenverbrauch 11,4 kg auf 1000 tkm. Ähnlich waren die Ergebnisse bei den andern Bahnen. Im ganzen soll sich die Ersparnis an Kohlen gegenüber einer gut durchgebildeten, neuzeitlichen Durchschnittslokomotive auf 10 bis 20% belaufen.

(Railw. Age 1927, 1. Halbj., Nr. 17.) R. D.

*) Organ 1926, S. 329.

**) Organ 1926, S. 412.

Buchbesprechungen.

Linienführung von Giese, O. Blum und Risch, 435 Seiten und 184 Textabbildungen, der Handbibliothek für Bauingenieure, herausgegeben von Robert Otzen, II. Teil, Eisenbahnwesen und Städtebau, 2. Bd. Berlin, Verlag von J. Springer 1925.

Das Werk behandelt in dem gegebenen Rahmen der Handbibliothek für Bauingenieure, die den Straſsenbau nicht einbezieht, nur die Linienführung der Eisenbahnen und zwar im wesentlichen derjenigen mit Dampfbetrieb, wenn auch der elektrische Betrieb kurz berührt ist.

Die Verfasser stellen als eigentliche Aufgabe der Linienführung, der Vorarbeiten oder des Trassierens das Aufsuchen eines Verkehrsnetzes an Stelle wie üblich einer einzelnen Linie hin. Die Wirklichkeit wird allerdings selten dazu die Vorbedingungen geben und die volkswirtschaftlichen Nachteile werden dann in Kauf genommen werden müssen, wie sie in Deutschland infolge Nichtbeachtung der Fr. Listschen Vorschläge von 1833 für die Schaffung eines einheitlichen Eisenbahnnetzes nur zu fühlbar geworden sind.

Von diesem Standpunkt aus ist die Verkehrsgeographie und namentlich die Eisenbahnverkehrsgeographie ein verhältnismäſsig groſser Raum eingeräumt, der den von O. Blum bearbeiteten I. Teil des Buches umfaſst. Nach Blum sind bei Festlegung eines Verkehrsweges nicht die Linien maſsgebend sondern die Punkte (die Siedlungen). An Stelle des Punktbegriffes führt Blum den des Raumes ein und an Stelle des Linienbegriffes den des Bandes.

Als die für den Verkehr wichtigsten geographischen Gebilde bezeichnet er die flächenhaften, die linienhaften und die punkthaften Gebilde. Zu den ersten rechnet der Raum, dann die Lage zur Umgebung und die Höhenlage.

Unter die linienhaften Gebilde fallen die Küsten, die Flüsse, die Gebirgszüge, die Täler, die Grenzen und die Linien der Bodenschätze. Unter die punkthaften Gebilde werden die Siedlungen verstanden, deren Entwicklung, Werden und Vergehen behandelt wird; es kommen hier die Endpunkte, Halb- und Ganzstrahlenpunkte, Spitzen- und Paſspunkte zur Erörterung. Es wird der Weltverkehr gestreift und auf Mitteleuropa und Deutschland näher eingegangen.

Der Gegenstand des zweiten Teiles des Werkes ist die eigentliche Linienführung (der Eisenbahnen) und die Bahnanlage. Der I., II. und der mit ihm eng zusammenhängende IX. Abschnitt ist von Prof. Risch bearbeitet. Hier wird zunächst der Begriff und die Einteilung der Bahnen erläutert und es werden die Vorschriften angeführt. In kurzer Fassung werden die Verkehrsgebiete, die Gröſse des zu erwartenden Verkehrs, die Einnahmen und die Ausgaben, die Bauwürdigkeit, die Wahl der Bahngattung und die Spurweite erörtert. Der IX. Abschnitt umfaſst die Bau- und Betriebskosten. Für Vergleichsrechnungen zwischen verschiedenen Linien werden die Zugkraftskosten für 1 t Rohlast und die virtuelle Länge einer Linie zugrunde gelegt; die Rechnung wird für ein Beispiel durchgeführt.

Weiterhin werden die Einnahmen und der Ertrag behandelt. An Stelle des Betriebskoeffizienten wird die Rente als wichtiger Maſsstab für die Wirtschaftlichkeit eines Eisenbahnunternehmens bezeichnet.

Die betriebstechnischen Grundlagen und die Grundsätze der Linienführung einschlieſslich der bautechnischen Vorschriften und der Schutzanlagen, wie die Berührung der Bahn mit anderen Verkehrswegen sind von Prof. Giese im III. bis VIII. Abschnitt klar und vollständig bearbeitet. Auf die Ausführung über die sog. zweckmäſsigste Steigung hätte u. E. verzichtet werden können. Im V. Abschnitt ist bei der Umgrenzung des lichten Raumes noch nicht auf die Änderungen nach dem V. Nachtrag von 1924 der Technischen Vereinbarungen hingewiesen, die in Zukunft u. W. auch bei der Reichsbahn eingeführt werden sollen. Auch ist die Erweiterung und Überhöhung des lichten Raumes mit Rücksicht auf den elektrischen Betrieb zeichnerisch nicht dargestellt. Die Art der Überwindung von Talstufen unter Abgehen von der mittleren Steigung erscheint betrieblich im allgemeinen doch nicht empfehlenswert.

Im X. XI. Abschnitt wird gleichfalls von Giese die Ausführung der technischen Vorarbeiten und der Geschäftsgang bei Herstellung einer Bahn dargestellt. Von einer Aufnahme der feldmesserischen Arbeiten wie im Handbuch der Ingenieurwissenschaften (Leipzig, Engelmann 1904, 4. Auflage) ebenso wie auf die Darstellung

der Erdmassenberechnung und Verteilung ist hier abgesehen. Die Änderungen, die sich beim Geschäftsgang durch die Verreichlichung bzw. die Vergesellschaftung der Reichsbahn ergeben haben, sind noch nicht überall berücksichtigt. Bei der Abfassung eines Werkes durch verschiedene Verfasser ergeben sich immer gewisse Schwierigkeiten, die im wesentlichen hier nicht stören.

Das vorzüglich ausgestattete, auf dem neuesten Stand der Erfahrung und Forschung stehendes Werk darf innerhalb der von dem Herausgeber und den Verfassern selbst gesteckten Grenzen der Behandlung für Studium und Ausführung aufs wärmste empfohlen werden.

Wegele.

Der Bau langer tiefliegender Gebirgstunnel von C. Andreae, Prof. a. d. Eidgenössischen Hochschule in Zürich. 151 Seiten mit 83 Textabbildungen, Berlin, Julius Springer 1926.

Der Weltkrieg hat auch auf dem behandelten Gebiete eine Unterbrechung der Bautätigkeit zur Folge gehabt. Die Ausführung des Simplon-, Lötschbergs- und Hauensteintunnels in der Schweiz und ähnlich die der grofsen Tunnels der Tauernbahn in Österreich hatten in den Jahren 1905 bis 1914 eine bemerkenswerte Zahl von wissenschaftlichen Untersuchungen und Bauberichten zutage gefördert*), auf Grund deren die Handbücher des Tunnelbaues von Dolezalek und Lucas und die Arbeiten von Brandau, Imhof und Mackensen im Handbuch der Ingenieurwissenschaften entstanden. Die Maschinenindustrie hat in der Herstellung von Bohrmaschinen und Kompressoren und auch von Sprengstoffen erhebliche Fortschritte zu verzeichnen. Da ist der Gedanke des Verfassers vorliegender Schrift zeitgemäfs, den Stand der Erkenntnisse und die Wege der Forschung zu beleuchten, und der Verfasser, der selbst am Simplontunnel bei der Herstellung des Tunnels II in leitender Stellung tätig war, erscheint hierzu besonders berufen.

Die mechanische Bohrung mittels Druckluft namentlich in ihrer Anwendung erweitert durch die Verwendung der leicht beweglichen Bohrhämmer wird in der Anordnung besprochen, die neueren Maschinen, ihrer Leistung und ihr Luftbedarf, sowie der Sprengstoffbedarf werden erörtert. Die Förderung findet eine eingehende Behandlung.

*) Vergl. Bulletin des internationalen Eisenbahn-Kongrefsverbandes 1911, S. 655.

Beachtenswert ist die Betonung bei Besprechung der geologischen Verhältnisse der Aufgaben des Ingenieurs und andererseits des Geologen, auf dessen Mitwirkung nicht verzichtet werden kann. Gebirgsdruck und Wärme, Lüftung und Kühlung werden besonders eingehend behandelt; hiervon hängt ja auch die Bauweise selbst ab, wie die Zweistollenbauweise von der Möglichkeit einer hinreichenden Lüftung veranlafst wurde, wobei allerdings noch eine Reihe anderer Vorteile hinsichtlich Wasserhaltung und Förderung usw. gewonnen wurden.

Die Hinweise auf die beiden empfehlenswerten Bauweisen, die österreichische und die belgische, sind besonders wertvoll. Bei ersteren wird an Stelle der oft schematisch angewendeten ringförmigen Herstellung eine fortlaufende Bauweise empfohlen. Die Hauptaufgabe ist rasch zum fertigen Tunnel zu kommen, um die Ausbildung des Gebirgsdruckes zu verhindern. Die Sattanmauerung, wo nötig mit Entwässerungsschlitzen, wird als Regel empfohlen. Im übrigen sind die Ausführungen über die Organisation besonders beachtenswert, wie auch die Kostenangaben als Unterlagen für überschlägige Schätzungen von Wert sind. Die Schrift stellt eine willkommene und wertvolle Ergänzung der Tunnelbauhandbücher dar und wird an ihrem Teil sicherlich dazu beitragen, dafs bei künftiger Ausführung langer tiefliegender Tunnels die Wiederholung bereits früher gemachter Fehler vermieden wird. Dafür mufs man dem Verfasser dankbar sein.

Wegele.

Elektrische Bahnen. Von Dr. Ing. A. Schwaiger, o. Professor der Elektrotechnik an der Technischen Hochschule München. Mit 45 Abbildungen. 116 Seiten. Sammlung Göschen. Bd. 958. Walter de Gruyter & Co., Berlin W 10 und Leipzig. 1927. Preis: in Leinen geb. RM. 1,50.

In dem Bändchen Nr. 958 „Elektrische Bahnen" der Sammlung Göschen ist der augenblickliche Stand der Elektrisierung von Vollbahnen dargestellt. Die deutschen elektrischen Vollbahnen sind eingehend beschrieben und an Hand von Skizzen die Linienführung, die Stromversorgung und die Kraftquellen näher erläutert. Ferner sind die Gesichtspunkte für den Bau der elektrischen Lokomotiven und die Frage der Wirtschaftlichkeit behandelt. Die ganze Darstellung ist so gewählt, dafs auch der Nichtfachmann sich über die Elektrisierung der Vollbahnen an Hand des Bändchens orientieren kann.

Zuschrift an die Schriftleitung.

In dem, im Heft Nr. 9, 1927 des Organs abgedruckten Aufsatz: „Aus der Geschichte des amerikanischen Lokomotivbaues", schreibt auf Seite 172, zweite Spalte, Herr Geh. Regierungsrat Wernekke, bei Besprechung der in Amerika für einzelne Lokomotivbauarten üblichen Eigennamen Folgendes:

„ . . . . . schwerer ist zu ergründen, warum eine amerikanische Maschine Adriatic (1 C 2) oder Baltic (2 C 2) heifst."

Hierzu sei mir gestattet zu bemerken, dafs die Namen „Adriatic", „Baltic" und auch „Javanic" (1 F 1) nicht amerikanischen, sondern europäischen Ursprungs sind, wo nach amerikanischem Muster, für zuerst in Europa entstandene Lokomotivbauarten diese Namen geprägt wurden.

Die für die österreichische, von Gölsdorf geschaffene 1 C 2-Schnellzuglokomotivbauart jetzt übliche Bezeichnung „Adriatic", stammt jedoch keineswegs aus Österreich, sondern aus England. In einem mit prächtigen, farbigen Lokomotivbildern ausgestatteten Buch*) „Lokomotives of the World", schlägt Rev. J. R. Howden erstmalig die Bezeichnung „Adriatic" für die 1 C 2-Bauart vor. Er sagt darüber, bei Beschreibung der österreichischen 1 C 2-Schnellzuglokomotive, Reihe 210, auf Seite 73, Nachstehendes:

„The arrangement of driving wheels is peculiar to this class of engine. We may represent it of course by the formula 2—6—4. It is thus, virtually a „Pacific" turned wrong way about. I am not aware whether any one has suggested a designation for the class. Perhaps, considering that the Line upon which the engines run touches Trieste, we might venture to call them „Adriatic". —

Diese Bezeichnung ist eigentlich nicht richtig gewählt, da diese Lokomotiven der Bauart 1 C 2 (Reihe 210 und 310) nie an die Küste des Adriatischen Meeres kam. Trotzdem hat sich die Bezeichnung „Adriatic" eingebürgert.

Die Bezeichnung „Baltic" wurde für eine 2 C 2-Lokomotive der französischen Nordbahn, ferner „Javanic" für eine von der „Hanomag" nach Java gelieferte 1 F 1-Lokomotive gewählt. J. Rihosek.

*) Erschienen 1910, London, bei Henry Frowde Hodder and Stonghton.

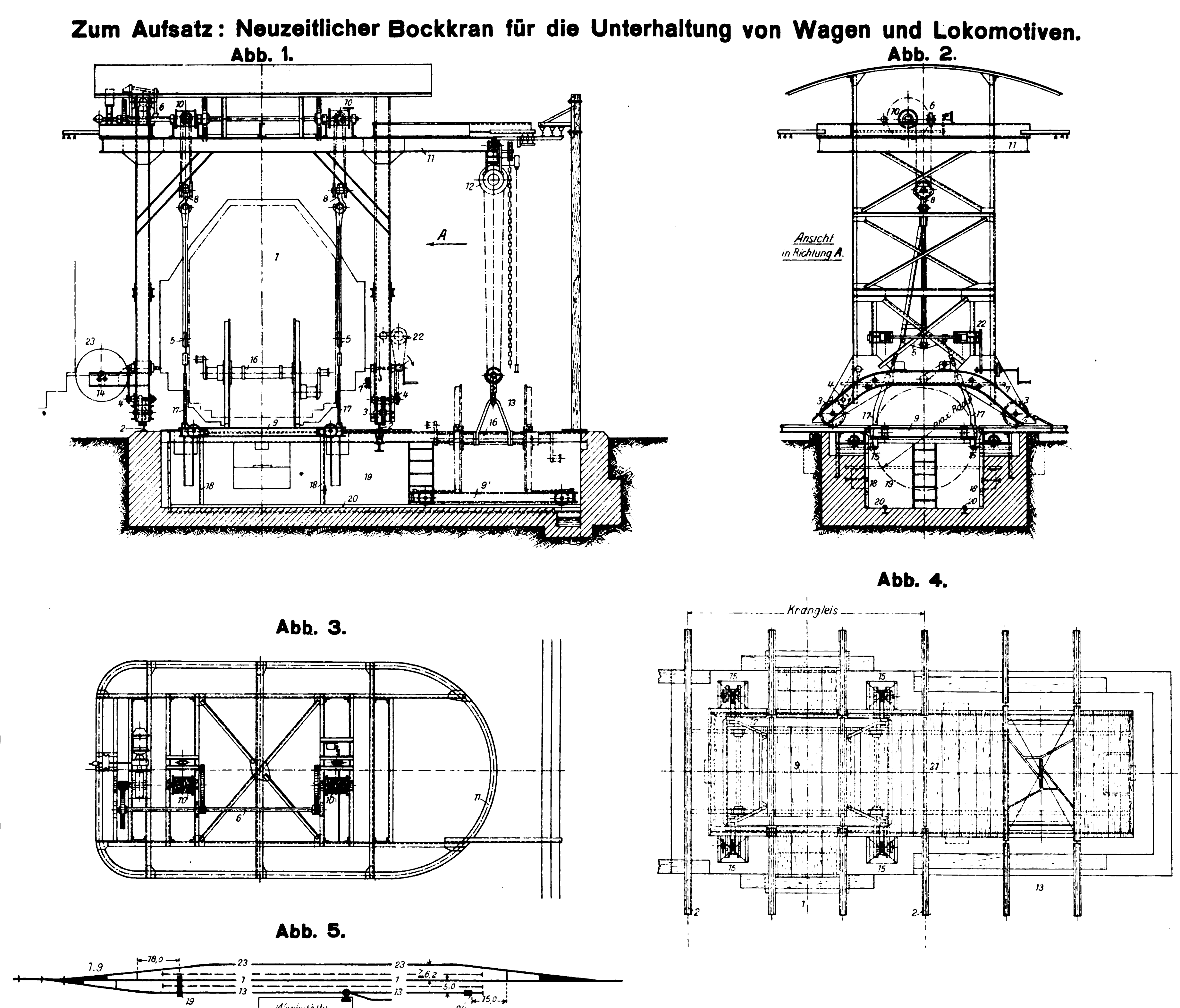
Berichtigung.

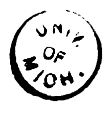
In dem Bericht „Die deutsche Werkstofftagung und ihre Bedeutung für das Eisenbahnwesen" (Heft 11 vom 15. Juni 1927) ist angegeben, dafs die diesjährige Werkstofftagung die drei grofsen Gebiete: „Metalle, Nichtmetalle und Isolierstoffe der Elektrotechnik zeigt." Es mufs statt dessen heifsen: „Stahl und Eisen, Nichteisenmetalle und Isolierstoffe der Elektrotechnik."

Der Buchbesprechung „Oberbau und Gleisverbindungen" in Heft Nr. 10 vom 30. Mai tragen wir ergänzend nach, dafs die Bäseler-Weichen sowohl von der Maschinenfabrik Jos. Vögele A.-G. in Mannheim, wie von der Vereinigten Stahlwerken A.-G. Dortmunder Union, Dortmund, geliefert werden.

Für die Schriftleitung verantwortlich: Reichsbahnoberrat Dr. Ing. H. Uebelacker in Nürnberg. — C. W. Kreidel's Verlag in München.
Druck von Carl Ritter, G. m. b. H. in Wiesbaden.

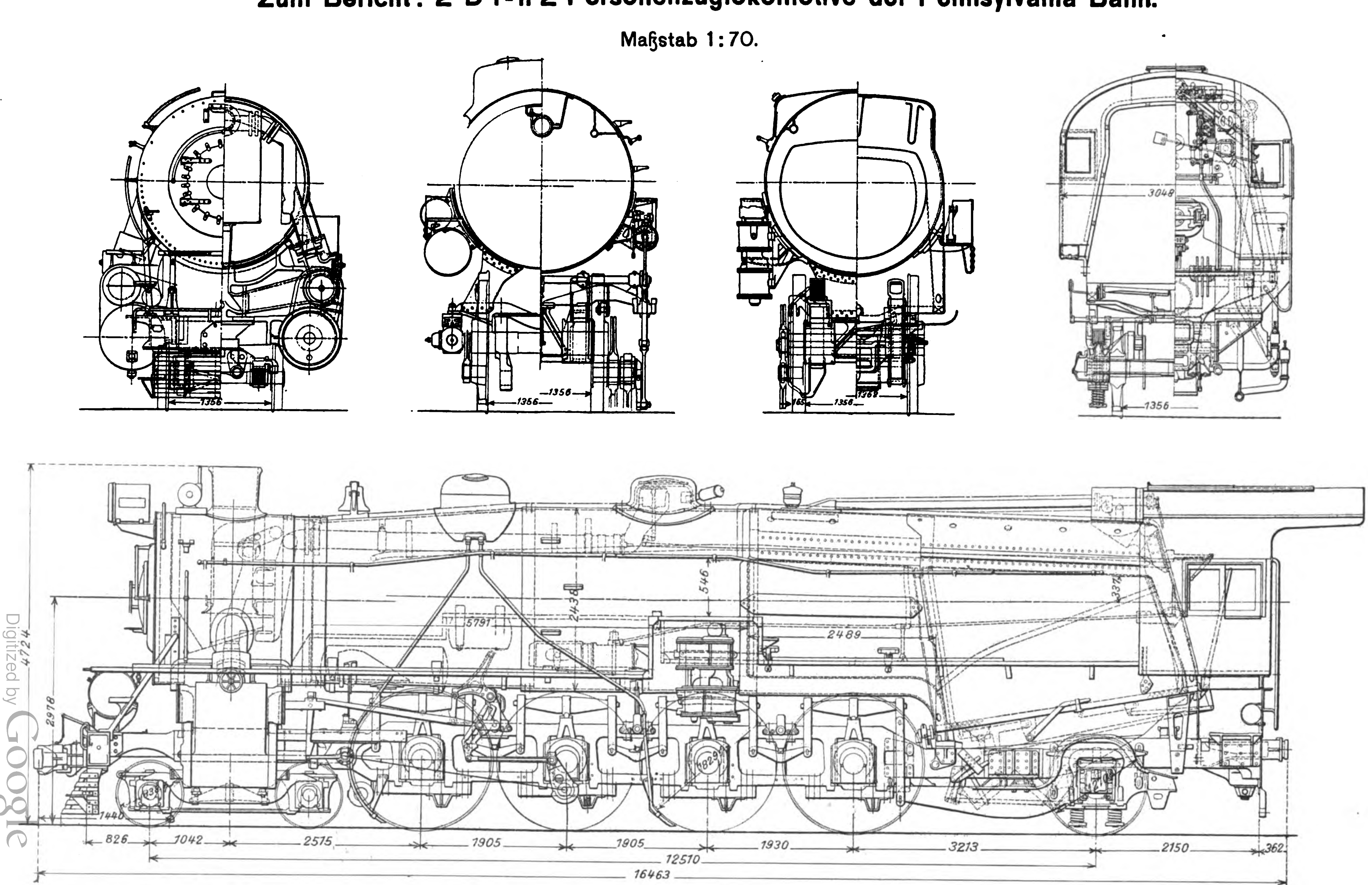



Zum Aufsatz: Neuzeitlicher Bockkran für die Unterhaltung von Wagen und Lokomotiven.
Abb. 1.
Abb. 2.
Ansicht in Richtung A.
Abb. 3.
Abb. 4.
Krangleis
Abb. 5.
Werkstätte

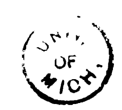


Zum Bericht: 2 D 1-h 2 Personenzuglokomotive der Pennsylvania Bahn.

Maßstab 1:70.



C. W. Kreidel's Verlag, München
Lith. Anst. v. F. Wirtz, Darmstadt


UNIV.
OF
MICH.



1927
82. Jahrgang.

Heft 18
30. September

ORGAN

FÜR DIE

FORTSCHRITTE DES EISENBAHNWESENS

TECHNISCHES FACHBLATT
DES VEREINS DEUTSCHER
EISENBAHNVERWALTUNGEN



HERAUSGEGEBEN VON
DR. ING. H. UEBELACKER
C. W. KREIDEL'S VERLAG · MÜNCHEN

Beiträge
zum
Bogenlauf der Eisenbahnfahrzeuge

Inhalt:

Gedenkwort für Richard von Helmholtz. 331. — Die Spurkranzreibung. Dr. Ing. Bäseler. 333. — Literaturzusammenstellung zu dem Gedenkwort für Richard von Helmholtz. 349. — Untersuchungen über den Kurvenwiderstand von Eisenbahnfahrzeugen. Dr. Ing. M. Louis. 350. Hierzu Tafel 36 und 37.

Organ für die Fortschritte des Eisenbahnwesens

Technisches Fachblatt des Vereins Deutscher Eisenbahn-Verwaltungen

Schriftleitung: Dr. Ing. H. Uebelacker, Nürnberg, unter Mitwirkung von Dr. Ing. A. E. Bloss, Dresden.

82. Jahrgang | 30. September 1927 | Heft 18

Richard von Helmholtz

einer unserer hervorragendsten deutschen Eisenbahntechniker und Lokomotiv-Konstrukteure, feierte am 28. September 1927 seinen 75. Geburtstag.

Jedem fachtechnischen Leser des »Organs« ist sein Name wohl vertraut; ein Rückblick auf seinen Lebensgang und seine Leistungen als Konstrukteur dürfte daher allgemeinerem Interesse begegnen.

Geboren am 28. September 1852 zu Königsberg in Preufsen als Sohn des später zu grofser Berühmtheit gelangten Professors der Physik Hermann von Helmholtz verlebte der junge Richard seine Kinderjahre in Bonn. Die Wohnung seiner Eltern befand sich in unmittelbarer Nähe der Rheinischen Eisenbahn, die eine ihrer Hauptlinien Bonn—Remagen, später verlängert bis Koblenz—Bingerbrück, soeben eröffnet hatte. Mächtig fühlte sich der Knabe zu dem sich damals langsam entfaltenden Eisenbahnwesen hingezogen, fällt doch in jene Zeit in Deutschland die Einführung ausgesprochener Schnellzüge, welche seit 1849 gefahren wurden [1]*).



1858 wurde der Vater an die Universität Heidelberg berufen; das folgende Jahr brachte einen schweren Verlust, der siebenjährige Knabe verlor seine Mutter. Seine erste Schulbildung erhielt er in privatem Unterricht, dann am humanistischen Gymnasium zu Heidelberg, das er bis zur heutigen 7. Klasse besuchte. Seiner ausgesprochenen Neigung zur Mathematik und Technik wurde dadurch Rechnung getragen, dafs er — sechzehnjährig — an die damals mit Schulzwang betriebene mathematische Vorschule des Stuttgarter Polytechnikums übersiedeln durfte, welche in vier Semestern eine gehörige Vorbildung für technische Studien vermittelte. Bei Ausbruch des deutsch-französischen Krieges trat der junge Helmholtz als Kriegsfreiwilliger bei dem in Karlsruhe liegenden badischen Feldartillerieregiment ein und machte den unter General Werders Leitung gegen Bourbaki durchgeführten Winterfeldzug als Kanonier mit. Im März 1871 kehrte er — glücklicher Weise nur leicht verwundet gewesen — mit der Truppe in die Heimat zurück, vervollkommnete seine mathematische Vorschulung und arbeitete u. a. in der altberühmten Borsigschen Lokomotivfabrik in Berlin am Oranienburger Tor. Im Oktober 1873 siedelte er an die mit grofsen Mitteln neu errichtete Technische Hochschule München über und studierte bis zum Sommer 1876 Maschinenbau unter Bauschinger, von Linde, Ludewig und Hoyer. Während der Ferien arbeitete er regelmäfsig als Praktikant in den beiden Werken der Lokomotivfabrik Kraufs in München, zuerst in der im Jahre 1872 errichteten Filialwerkstätte am Südbahnhof, welche unter Karl Finckhs Leitung als erste ihrer Art ausschliefslich der Erbauung von Kleinlokomotiven diente. Nach Beendigung des Hochschulsstudiums trat er als Arbeiter in diese Fabrik ein, konnte aber nach etwa $^3/_4$ Jahren auf eine zufällig im Konstruktionsbüro frei werdende Ingenieurstelle übertreten. Rasch arbeitete sich Helmholtz voran und zeigte solche Begabung und derartiges Können, dafs er nach $3^1/_2$jähriger Tätigkeit — 29jährig — als Leiter des Konstruktionsbüros in das Stammwerk der Kraufsschen Fabrik am Marsfeld berufen wurde. Von 1881 bis zu seinem Eintritt in den Ruhestand am 1. Januar 1918 ist von Helmholtz diesem Werk, das von 1872 bis 1917 unter Anton Hurlers trefflicher Leitung stand, treu geblieben, fast 40 Jahre leitete er die Lokomotivkonstruktion, vielfach neue erfolgreiche Wege beschreitend.

Von seinen technischen Leistungen seien — in zeitlicher Folge geordnet — nachstehende genannt:

1884 Die Schaffung einer kinematischen Abart der Walschaerts-Heusinger-Steuerung, gekennzeichnet durch eine werkstättentechnisch einfachere, gerade Kulisse [2]). Diese Steuerungsbauart, welche bemerkenswerterweise keine höhere Zahl von Gelenken und Prismenführungen enthält, als die gewöhnliche Heusinger-Steuerung, wurde erstmals bei einer D-Berg-Tenderlokomotive ausgeführt, mit welcher sich die Kraufssche Lokomitivfabrik an der Arlberg-Konkurrenz von 1884 beteiligte. Die Helmholtz-Kulisse ist seither an mehreren tausend Lokomotiven zur Anwendung gekommen.

1885 Die innerhalb eines festen Radstandes angeordnete, seitliche frei verschiebbare Kuppelachse, erstmals ausgeführt an einer C-Tenderlokomotive für die Eisenbahn der Carrara-Marmorbrüche [3]), in der ausgesprochenen Absicht, den Seitenschub der Mittelachse unmittelbar an die Schiene statt — wie bisher an den Rahmen — abzugeben und hiermit die Abnutzungsverhältnisse an den Spurkränzen der anderen Achsen und am Geleise zu verbessern. Die Betriebserfahrungen mit dieser und ähnlichen Lokomotiven führten zur Erkenntnis der Zweckmäfsigkeit der Verteilung des Führungsdruckes auf mehrere Spurkränze und damit zu einer der wichtigsten fahrzeugtechnischen Erkenntnisse der Neuzeit.

1885 erfolgte die bauliche Durchbildung der von Adolf Klose entworfenen Kurvenlokomotive [4]) mit radial einstellbaren Kuppelachsen. Helmholtz erkannte die Notwendigkeit der Einbeziehung des Differentialkopfes in die Zwangläufigkeit des Triebwerks und bestand auf Hinzufügung eines diesem Zwecke dienenden, bis dahin noch nicht vorgesehenen Mechanismus. Die für die Bosnabahn mit 25 m kleinstem Krümmungshalb-

*) Die Ziffern beziehen sich auf die auf Seite 319 des Heftes angefügte Literaturzusammenstellung.

messer auf freier Strecke gelieferte C 1 Probelokomotive entsprach trotz der Vielteiligkeit ihres Triebwerkes derart, dafs dieses System bei der genannten Bahn zur Alleinherrschaft gelangte und dort etwa 25 Jahre lang bis zur Beseitigung der schärfsten Krümmungen durch Verlegung der Trasse beibehalten wurde. Auch auf der Württembergischen Staatsbahn gelangte diese Triebwerksbauart unter Klose zu beträchtlicher Verbreitung[5]).

1888 veröffentlichte Helmholtz in der Zeitschrift des Vereins Deutscher Ingenieure[6]) eine Abhandlung, welche ihn rasch in weiten Kreisen bekannt machte: »Die Ursachen der Abnützung von Spurkränzen und Schienen in Bahnkrümmungen und die konstruktiven Mittel zu deren Verminderung.«

Er unterzog hierin die verschiedenen bisher erdachten Krümmungsbeweglichkeitsmittel einer kritischen Betrachtung und stellte — wenn auch zunächst nur in angenäherter Erkenntnis der heute mathematisch festgelegten Wahrheiten — feste Grundsätze für die Erbauung krümmungsschmiegsamer Eisenbahnfahrzeuge auf. Die Arbeit lenkte die Aufmerksamkeit vieler auf ein bisher zwar beachtetes, aber noch wenig geklärtes Gebiet; sie veranlafste den tatkräftigen Leiter der Kraufsschen Filialfabrik in Linz/Donau, Matthias Fasbender, zur Anfertigung eines Modells, welches in der weiteren Entwicklung der Fahrzeugtechnik eine wichtige Rolle gespielt hat. Mit dessen Hilfe wurde nämlich Karl Gölsdorf, der zunächst eine ablehnende Haltung eingenommen hatte, von der Richtigkeit der Helmholtzschen Ausführungen durch den Augenschein überzeugt. Hierdurch wurde der gewaltige Aufschwung des österreichischen Lokomotivbaues ausgelöst, den Gölsdorf mit der Schaffung seiner berühmten, fahrzeugtechnisch nach Helmholtzschen Grundsätzen angeordneten 1 D Arlberg-Schnellzuglokomotive vom Jahr 1897[7]) einleitete.

1888 kam die erste Lokomotive mit einem aus einer radial verdrehbaren Laufachse und einer parallel verschiebbaren Kuppelachse »kombinierten Kraufsschen Drehgestell« zur Ausführung, die C 1 Berg-Tenderlokomotive Gattung D VIII der ehemalig Bayerischen Staatsbahn[8]). Die neue Drehgestellbauart erwies sich vom Standpunkt der Sicherheit und Güte der Führung und unter dem Gesichtspunkt verminderter Spurkranzabnützung als voller Erfolg; tausende von Lokomotiven sind seither mit Helmholtz-Drehgestell entweder der ursprünglichen Bauform 1888 oder einer seiner zahlreichen Abarten versehen, viele Achsanordnungen von Dampf- und Elektrolokomotiven für alle Geschwindigkeitsbereiche sind entwickelt worden.

Die Ende der 80er Jahre des vergangenen Jahrhunderts gehören der Mitarbeit an der Einführung und Verbesserung der von Mallet erdachten Zweizylinder-Verbundlokomotive. Die Bayerische Staatsbahn hatte sich für die Lindnersche Anfahrvorrichtung (sogenannte alte Bauart von 1888 mit Kreuzhahn und Entlastungskanal im Hochdruckschieber) entschieden. Helmholtz verbesserte den Anfahrvorgang in erfolgreicher Weise dadurch, dafs er der genannten Anfahrvorrichtung einen Unterbrechungsschieber hinzufügte, der die Überströmung auf die Niederdruckseite in den kritischen Kurbelstellungen aufhebt.

1896 entstand anläfslich der zweiten bayerischen Landesausstellung zu Nürnberg die Lokomotive mit Hilfstriebwerk, mit sogenannter Vorspannachse, womit ein heute noch aktuelles Problem, die Vergröfserung der Reibungszugkraft während des Anfahrungsvorgangs, erstmals technisch einwandfrei gelöst wurde. Die erste Lokomotive, bei welcher dieser Gedanke praktisch brauchbar verwirklicht wurde, war die bekannte 2 (A) A1 Verbund-Schnellzuglokomotive der ehemaligen Bayerischen Staatsbahn[9]). Sie blieb in dieser Form von 1896 bis 1907, wo sie Opfer eines Eisenbahnunfalles wurde, im Betrieb; der Doppelzweck der Konstruktion: Erhöhung der Anfahrzugkraft und Verminderung des Brennstoffverbrauchs bei geringeren Zugkräften und höheren Geschwindigkeiten wurde erreicht. Im Jahre 1900 folgte anläfslich der Pariser Weltausstellung eine 1 (A) 1 B 1 Innenzylinder-Verbund-Schnellzuglokomotive sehr beträchtlicher Abmessungen, welche von der ehemaligen Pfalzbahn übernommen wurde[10]). Das von Helmholtz angeschnittene Problem ist im letzten Jahrzehnt mehrfach wieder aufgerollt worden, vor allem in Amerika und England, wo Lokomotiven mit Booster, d. h. mit einer oder mehreren Hilfstreibachsen unter Einbau einer schnellaufenden Hilfsmaschine ausgeführt wurden.

1898 schuf Helmholtz die erste Lokomotive mit über die Spurweite verbreiterter, dabei tiefer Feuerbüchse, die bekannte 2 B 1 Innenzylinder Sz-Lokomotive der ehemaligen bayerischen Pfalzbahn[12]), welche als erste im Gebiet des Vereins Deutscher Eisenbahnverwaltungen mit ihrer Leistung 1000 PS überschritt und die um die Jahrhundertwende einsetzende starke Entwicklung des deutschen Sz-Lokomotivbaues einleitete.

1904 entstand auf Grund besonderer Geschwindigkeitsanforderungen an meterspurige Personenzuglokomotiven eine Abart des Engerthschen Stütztenders[13]), welche den baulich unbequemen, vor der Feuerbüchse gelegenen Engerthschen Drehzapfen kinematisch ersetzte. Derartige Stütztenderlokomotiven fanden in Spanien eine bemerkenswerte Verbreitung.

1909 griff von Helmholtz auf die von Caillet[14]) angegebene, elastisch verschiebbar gelagerte Endkuppelachse zurück und zwar an der seinerzeit mit möglichst geringen Geldmitteln zu erbauenden 1 B Heifsdampf-Tenderlokomotive der ehemaligen Bayerischen Staatsbahn »für leichte Züge« (Gattung Pt 2/3)[15]). Diese Kuppelachslagerung hat sich für Höchstgeschwindigkeiten bis etwa 70 km/Std. als zweckmäfsig erwiesen.

Das letzte Jahrzehnt seiner Tätigkeit gehört vorwiegend der Entwicklung neuer Achsanordnungen, insbesondere schwerer Schmalspurlokomotiven, unter diesen einer D-Tenderlokomotive, bei welcher alle Achsen einschliefslich der Treibachse entweder verschiebbar oder verdrehbar sind[16]). Weiter sei eine 1 D-Schmalspur-Tenderlokomotive mit vorderem Helmholtz- und hinterem Beugniot-Drehgestell erwähnt[17]). Als letzte Vollbahnlokomotive schuf Helmholtz die 1 C 2 Personenzug-Tenderlokomotive der ehemaligen Bayerischen Pfalz- und Staatsbahn[18]), welche das Prinzip, eine Lokomotive in beiden Fahrtrichtungen bestens, d. h. durch Drehgestelle zu führen und sie hierbei stark krümmungsschmiegsam zu machen, treffend verkörpert.

Seit 1918 lebt von Helmholtz im Ruhestand, vorwiegend lokomotiv-geschichtlichen Studien — vor allem des deutschen Eisenbahnwesens — sich widmend.

An Ehrungen wurden dem geschätzten Konstrukteur zuteil: sein Drehgestell wurde im Jahre 1896 vom Verein Deutscher Eisenbahnverwaltungen preisgekrönt, die Technische Hochschule Danzig verlieh ihm im Jahre 1913 die Würde eines Doktor-Ingenieurs ehrenhalber.

Der deutsche Lokomotivbau und die deutschen technischen Hochschulen wissen die Bedeutung dieses Ingenieurs wohl zu würdigen: zahlreiche Dampf- und elektrische Lokomotiven sind nach Helmholtzschen Grundsätzen, von denen die Verteilung des Führungsdruckes auf mehrere Spurkränze an erster Stelle steht, mit Erfolg erbaut, die fahrzeugtechnischen Gesichtspunkte, nach denen Lokomotiven zu entwerfen sind, werden an allen deutschen technischen Hochschulen gelehrt.

Möge dem verdienstvollen Förderer des deutschen Lokomotivbaues, dessen liebenswürdiges und bescheidenes Wesen allen, die je mit ihm in Berührung gekommen sind, unvergefslich ist, ein gesegnetes Alter beschieden sein!

München, 8. September 1927. Georg Lotter.

Die Spurkranzreibung.

Von Dr. Ing. **Bäseler**, München.

Herrn Dr. Ing. e. h. Richard von Helmholtz, einem der Pioniere der Wissenschaft vom Spurkranz, zugeeignet.

Vorwort.

In meinen im Jahre 1903 erschienenen Untersuchungen über die Bewegung von Lokomotiven mit Drehgestellen in Bahnkrümmungen, wurde von mir die Behandlung des Bogenlaufs der Eisenbahnfahrzeuge, die bis dahin auf der für einfache Achsanordnungen ja angenähert zutreffenden, dem Gefühl und der Erfahrung entsprechenden Annahme der Radialstellung der hinteren Fahrzeugachse beruhte, auf eine strenge mathematische Grundlage gestellt. Dabei wurde jedoch für die führenden Räder die vereinfachende Annahme der Einpunktberührung gemacht, wodurch die Berechnung des Krümmungswiderstandes gegenüber den tatsächlichen Verhältnissen, nach denen Führung und Unterstützung im allgemeinen in zwei getrennten Punkten erfolgt, etwas zu niedrig ausfiel.

Dr. Bäseler hat in der vorliegenden Untersuchung die Bewegungs- und Kraftverhältnisse an einem normal geführten Radsatz nach den Grundanschauungen der Mechanik in strenger mathematischer Beweisführung behandelt und dadurch das schwierige Problem für die Erkenntnis aufgehellt. Im Anschlufs daran berechnet er mit Hilfe der Gleichgewichtsgleichungen auf dem Wege über einfachere Fälle den Führungsdruck und Gesamtkrümmungswiderstand eines zweiachsigen Eisenbahnfahrzeugs mit normalen Radsätzen und normalem Achsstand mit dem Ziel, den Unterschied bei strenger Führung und bei Spurerweiterung festzustellen.

Führt das an einem Einzelfall ermittelte Mafs dieses Unterschiedes auch nicht zu der zwingenden Forderung die Spurerweiterung zu beseitigen, so zeigt die theoretische Untersuchung doch, dafs vom Standpunkt des Führungsdruckes und des Krümmungswiderstandes eine Verringerung der Spurerweiterung in fördernder Richtung liegt. Dr. Ing. H. Uebelacker.

Die Erfahrung, dafs sich in einem Gleisbogen Schiene und Spurkranz abnützen, ist so alt wie die Eisenbahn. Trotzdem gibt es bisher noch keine genaue Darstellung der Kräftewirkungen, die dieser Erscheinung zugrunde liegen — was eigentlich verwunderlich erscheint; hängt doch von der Lösung des Problems eine Frage von gröfster Bedeutung ab, nämlich die, ob und wie es einzurichten sei, dafs ein Spurfahrzeug klaglos beliebig scharfe Krümmungen befährt.

Die Erkenntnis, dafs man sich bisher in dieser Beziehung meistens sehr wenig zutreffenden Anschauungen hingegeben hat, ist inzwischen ziemlich allgemein geworden*). Ein wesentlicher Grund für diese war, aufser der Schwierigkeit der Aufgabe, die Tatsache, dafs es sich um ein Grenzgebiet zwischen Maschinenbau und Gleisbau handelt. Lomonossoff**) hat in einer grofs angelegten Darstellung des Werdeganges der Lokomotive gezeigt, wie stark schon bei den senkrechten Raddrücken der Grenzcharakter die richtige Erkenntnis hintangehalten hat; das gilt noch viel mehr von den wagrechten Raddrücken, obwohl sie, zum Teil wenigstens, leichter zu fassen sind als jene. Wie aus Lomonossoffs Darstellung zu ersehen ist, sind an der Lösung jener Fragen Männer beteiligt, die in der Geschichte der Mechanik einen Namen haben, wie de St. Venant und Timoschenko; es erscheint fast verwunderlich, dafs die Ermittlung der horizontalen Kräfte noch aussteht.

Immerhin ist die Aufgabe schwer genug, obwohl sie, wie wir sehen werden, statisch bestimmt ist. Aber die allgemeine räumliche Bewegung eines starren Körpers gehört schon rein kinematisch zu den schwierigsten Kapiteln der Mechanik. Es ist nicht möglich, dafs jeder Eisenbahner diese Dinge kennt, geschweige denn beherrscht; wohl aber mufs verlangt werden, dafs diejenigen sie sich in der Hauptsache zu eigen machen, die mit der Konstruktion von Fahrzeugen und Gleis zu tun haben.

Die nachfolgende Darstellung ist nach Möglichkeit so gefafst, dafs auch derjenige eine Anschauung gewinnen kann, der die mathematischen Ableitungen übergeht.

*) S. „Spurerweiterung oder nicht?“ Z. d. V. D. E. V. 1926, Nr. 8 bis 10, 12 bis 13 und die „einfache Eisenbahn“. Z. d. V. D. E. V. 1927, Nr. 27 bis 29.

**) Organ 1926, Nr. 17 und 18: „Der hundertjährige Werdegang der Lokomotive“.

An Versuchen, der Spurkranzreibung beizukommen, hat es nicht gefehlt; aber mir ist nur ein ernsthafter, von richtigen Grundlagen ausgehender Angriff auf das Problem bekannt geworden; das ist der von Haug*). Wie weit er wirklich zum Ziele geführt hat, sei hier dahingestellt; jedenfalls ist es nicht ganz leicht, aus seinen Darlegungen ein gutes Bild zu gewinnen.

Das liegt zum Teil an einer eigentümlichen Schwierigkeit der Aufgabe. Die Kräfte, um deren Ermittlung es sich handelt, sind klein, treten aber zusammen mit anderen auf, die von der ersten Ordnung grofs sind. Da man nun gewisse Vernachlässigungen nicht ganz vermeiden kann, ist es einigermafsen schwer, sich klar zu werden, ob nicht die zu bestimmenden Kräfte dadurch beeinflufst werden. Wir wollen hier gleich eine Gruppe von Kräften erwähnen, die von vornherein ausgeschieden werden, das sind die vermehrten Widerstände in den Achslagern. Wir werden sehen, dafs bei der Kurvenbewegung in den Achslagern sowohl achsiale wie radiale zusätzliche Kräfte übertragen werden, die von der Gröfsenordnung der Raddrücke sind. Infolgedessen tritt eine Vergröfserung des Widerstandes in den Achslagern ein, die von der Ordnung der Kurvenreibung ist. Die Kräfte sind nicht schwer zu berechnen, bleiben aber hier aufser Ansatz; die Lager gelten als reibungslos.

An den Ausgangspunkt stellen wir die rein kinematische Frage, welche Bewegungen ein Radsatz in einer Gleiskrümmung überhaupt machen kann, und durch welche Angaben seine Gesamtbewegung genügend und möglichst einfach bestimmt ist. Wenn in Abb. 1 das Viereck A_1, A'_1, A_5, A'_5 irgend ein Fahrzeug bedeutet, so kann man von dem Kreismittelpunkt auf die Fahrzeuglängsachse das Lot fällen. Es trifft diese in dem Punkte M, der von Uebelacker als Reibungsmittelpunkt bezeichnet worden ist. Wenn man von ihm die Strahlen nach den Radlauflagerpunkten zieht, so geben die darauf Senkrechten unter gewissen Voraussetzungen die Gleitwege der Räder an.

*) Organ 1913, Nr. 20. Nach Fertigstellung des Aufsatzes erschien die Arbeit von Prof. Jahn (Z. d. V. D. E. V. 1927, Nr. 16). Er stimmt den früheren Darlegungen des Verfassers, wonach der Krümmungswiderstand bei Verengung der Spur heruntergeht, in allem Wesentlichen zu und es darf deshalb seine Arbeit als bedeutsamer Fortschritt der Frage begrüfst werden. Zu den Rechnungsergebnissen wird noch im einzelnen Stellung genommen werden.

Wir nehmen die Stellung des Fahrzeugs und damit den Punk M als bekannt an. Häufig trifft das bei Stellung einer bestimmten Aufgabe wirklich zu, wenn nämlich die Führung des Fahrzeugs sowohl an der Innen- als an der Aufsenschiene erfolgt; die Stellung des Fahrzeugs ist dann geometrisch bestimmt. Wenn das Fahrzeug nur an der Aufsenschiene führt, ist die Stellung statisch bestimmt; man kann dann M zunächst angenähert nach Heumann oder Uebelacker — also unter Voraussetzung der Druckrollenführung — ermitteln, oder man sucht unmittelbar das wirkliche M, indem man die zwanglose Führung als einen Grenzfall betrachtet, der bei Vergröfserung der Spur einmal eintritt.

Für eine einzelne Achse darf also als bekannt gelten, dafs sie in einem Rahmen geführt ist, der ihre Bewegung bestimmt, aufser der Gröfse der Drehung in den Achslagern, die noch beliebig ist. Die Bewegung des Rahmens selbst ist bekannt; es ist eine gleichförmige Drehung um den Mittelpunkt O.

Wenn eine Achse genau in den Radius O M fällt, so sagen wir: sie stehe radial. Die meisten Achsen stehen nicht radial. Es ist eine oft gestellte Frage, ob eine Achse die Gleitungen parallel zur Längsachse des Fahrzeugs mehr auf der Aufsen- oder der Innenschiene vollziehe, ob das Aufsenrad mehr nach vorn oder das Innenrad mehr nach hinten rutsche. Für eine radial stehende Achse läfst sich diese Frage nicht

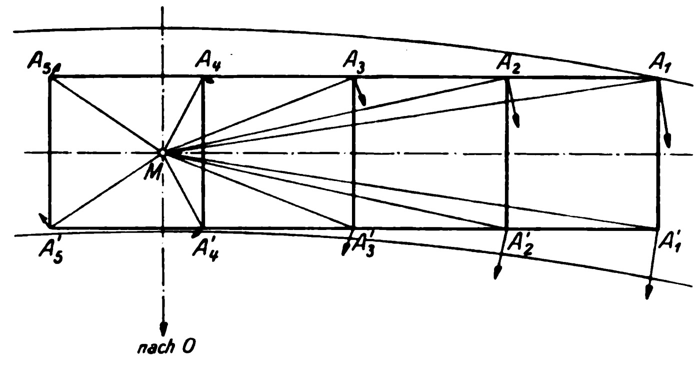


Abb. 1. Reibungsmittelpunkt.

immer beantworten. Ihr wird vom Rahmen aufser der Rollbewegung, die sie vollführt, eine Drehung um eine lotrechte Achse aufgezwungen. Dadurch entstehen Reibungskräfte in Richtung der Radebenen. Am Aufsenrad wirkt die Kraft Qf nach hinten, am Innenrad nach vorn. Sind Q und f auf beiden Seiten genau gleich, so ist die Achse bezüglich der Drehung in einem labilen Zustand; ein kleines Übergewicht auf einer Seite gibt den Ausschlag, auf welchem Rade das Rollen stattfindet. Bei nicht radial stehenden Achsen ist die Aufgabe hingegen bestimmt, weil die Quergleitung hinzutritt, und die Längskräfte und -Wege von dieser nicht abhängig sind.

Zur Vereinfachung nehmen wir die Räder gleich grofs an, vernachlässigen also die Kegelform der Radreifen. Dafs diese die Verhältnisse im ganzen nur unwesentlich ändert, ist früher bewiesen worden*). Man wird freilich bemerken, dafs bei der folgenden Untersuchung Kräfte berücksichtigt sind, die weit unter denen liegen, die die Kegelform bewirken würde, aber man wird zugleich die Berechtigung dieses Verfahrens erkennen; man mufs daselbst, um die richtige Einsicht in die Vorgänge zu gewinnen, einen einmal gemachten Ansatz scharf durchrechnen, auch wenn der Ansatz selbst nicht so scharf ist. Ein Radsatz besteht also bei unserer Rechnung aus zwei gleichen Scheiben (den Laufkreisen); sie sollen 1 m Durchmesser (r = 0,5 m) und einen Abstand von 1,5 m (= s) haben.

*) „Spurerweiterung oder nicht?" Z. d. V. D. E. V. 1926, Nr. 8 bis 10, 12, 13, Seite 197.

Radial stehende Achse.

Wir wollen nun überlegen, wie man für eine radial stehende Achse die Gesamtbewegung am einfachsten angeben kann. Ihre hauptsächlichste und alles andere weit überdeckende Bewegung ist im allgemeinen das Rollen. Es erfolgt um eine Achse, die durch die Auflagerpunkte der Räder geht und nach dem Kreismittelpunkt gerichtet ist. Wir wollen diese Gerade, von der wir öfters Gebrauch machen müssen, als Grundlinie der Achse bezeichnen. Beim reinen Rollen bleibt diese Gerade, als Momentanachse, für eine unendlich kleine Bewegung in Ruhe, sie hebt sich nur etwas von den Schienen ab, aber um einen Betrag, der von der zweiten Ordnung klein ist.

Die Achse macht noch eine zweite Drehbewegung, nämlich um eine vertikale Achse. Auf die Bestimmung ihrer Art und Lage kommt es vor allem an. Wenn wir annehmen, dafs, wie es ja eintreten kann, das Aufsenrad um ebensoviel nach vorn gleitet, wie das Innenrad nach hinten, so wird ein Kreis vom Raddurchmesser (1 m), den man sich in Achsmitte angebracht denkt, gerade ein reines Rollen ausführen, und zwar auf einem Kreis vom Halbmesser R, der in Gleismitte liegt (Abb. 2). Wir werden sehen, dafs man immer einen solchen Kreis vom Raddurchmesser angeben kann, der auf einem ent-

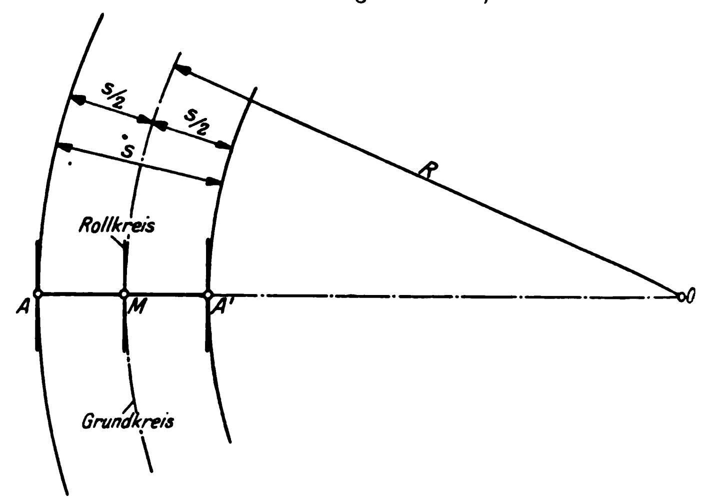


Abb. 2. Rollkreis (in der Abb. in Gleismitte angenommen).

sprechenden im Grundrifs liegenden Kreis abrollt, nur braucht er nicht in der Mitte der Achse bzw. in Gleismitte zu liegen. Wir wollen die beiden Kreise in Anlehnung an die Theorie der Zahnräder als Teilkreise bezeichnen, und zwar den an der Achse als Rollkreis, den im Gleis als Grundkreis.

Auch für die beiden Drehbewegungen wollen wir besondere Namen einführen. Die Drehung um die horizontale Achse heifse das Rollen, die um die vertikale Achse das Wenden. Entsprechend: Winkelgeschwindigkeit der Rollbewegung oder Rollgeschwindigkeit (u_y, siehe unten), Winkelgeschwindigkeit der Wendebewegung oder Wendegeschwindigkeit (u_z), Rollwinkel ($d\psi$), Wendewinkel ($d\varphi$), Elementarrollung, Elementarwendung.

Zwischen den beiden Teilkreisen bestehen einige einfache Beziehungen. Wir wählen ein Koordinatensystem und zwar so, dafs die X-Richtung parallel der Fahrzeuglängsachse geht, die Y-Richtung quer dazu und die Z-Richtung senkrecht nach oben (Abb. 3). Wenn sich der Mittelpunkt des Rollkreises um eine kleine Strecke dx vorwärts bewegt, so ist er um einen gewissen Winkel $d\psi$ vorwärts gerollt, hatte dabei auf dem Grundkreis einen kleinen Bogen $R\,d\varphi$ zurückgelegt und sich selbst um seine Vertikalachse um den Winkel $d\varphi$ gedreht.

Es gilt dann: $dx = R\,d\varphi = r\,d\psi$

und $\frac{dx}{dt} = R\frac{d\varphi}{dt} = r\frac{d\psi}{dt}$.



Bezeichnen wir $\frac{d\varphi}{dt}$ mit u_z und $\frac{d\psi}{dt}$ mit u_y, so ist

$$R u_z = r u_y \text{ oder}$$

$$\frac{u_z}{u_y} = \frac{r}{R}$$

d. h. die Winkelgeschwindigkeit der Wendebewegung verhält sich zu der der Rollbewegung, wie der Radhalbmesser zum Kurvenhalbmesser. Wir wollen für die späteren Zahlenrechnungen eine bestimmte Geschwindigkeit zugrunde legen, und zwar soll sich das Fahrzeug so schnell bewegen, dafs ein Rad von 1 m Durchmesser, das frei auf dem in Gleismitte liegenden Kreis abrollen kann, in einer Sekunde einmal umläuft. Die Bahngeschwindigkeit v_x ist also, auf Fahrzeugmitte bezogen, $2 r \pi = 2 . 0{,}5 . \pi = 3{,}14159$ [m sec^{-1}] oder 11,3 km/Std. Liegt für eine Achse, wie eben angenommen, der Rollkreis in Gleismitte, so ist $u_y = 2\pi$ [sec^{-1}]. Ist der Halbmesser der Kurve, auf Gleismitte bezogen, 180 m, was für die folgenden Rechnungen stets zugrunde gelegt wird, falls nichts anderes gesagt ist, so ist $u_z = \frac{r}{R} 2\pi = \frac{0{,}5}{180} . 2\pi = \frac{1}{360} . 2\pi$ [sec^{-1}]. Das Fahrzeug wird in 360 Sek. oder 6 Min. einmal die ganze Kurve durchlaufen.

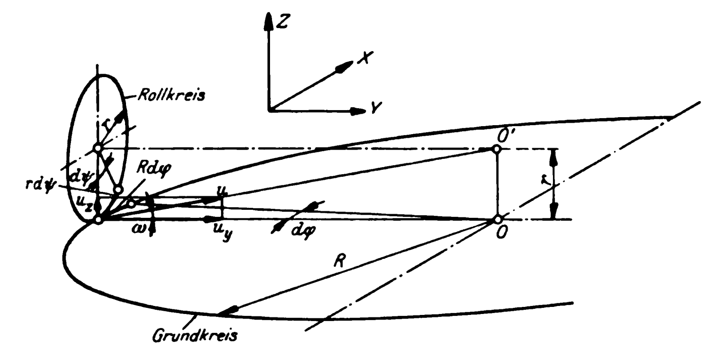


Abb. 3. Abrollen des Rollkreises auf dem Grundkreis.

Die beiden Winkelgeschwindigkeiten u_y und u_z kann man nach bekannten Regeln der Mechanik zu einer resultierenden Winkelgeschwindigkeit u zusammenfassen, und es ist

$$u^2 = u_y^2 + u_z^2.$$

Die resultierende Winkelgeschwindigkeit zeigt nach einem Punkt O', der um $r = 0{,}5$ m über dem Kreismittelpunkt liegt. Der Winkel, den sie mit der Y-Achse bildet, ist gegeben durch $\operatorname{tg}\omega = \frac{u_z}{u_y} = \frac{r}{R}$ also gewöhnlich sehr klein, bei 180 m Halbmesser $= \frac{1}{360}$.

Wenn der Rollkreis nicht in Gleismitte liegt, so läfst sich ein Grundkreis von einem etwas anderen Halbmesser R' angeben, auf dem er abrollt. Die vorausgehenden Betrachtungen bleiben ungeändert, nur dafs R' statt R, u'_y statt u_y, $d\varphi'$ statt $d\varphi$ zu setzen ist. u_z bleibt ungeändert.

Die Änderungen an R sind gewöhnlich nicht grofs, meist nur einige Dezimeter. Äufserstenfalls, wenn eine Achse auf dem einen Rade rein rollt, ist $R' = R - \frac{s}{2} = R - 0{,}75$. In besonderen Fällen kann die Änderung an R recht grofs sein. Bei einer stark ziehenden Achse vergröfsert sich R um mehrere Meter, was z. B. bei der Achse eines Strafsenbahnwagens in einer 10 m Kurve nicht vernachlässigt werden kann. Bei einer festgebremsten Achse ist $R' = 0$, $u_y = 0$.

Die Bewegung einer radial laufenden Achse ist also bekannt, wenn die Lage des Rollkreises angegeben werden kann, etwa durch Angabe von R' oder das Mafs ΔR, um das der Rollkreis seitlich der Mitte liegt, wobei $\Delta R = R - R'$, ist. Die Bewegung des Rollkreises läfst sich anschaulich darstellen, wenn man aus ihm und dem Grundkreis Kegel mit der Spitze O' bildet. Die beiden Kegel (»Grundkegel« und »Rollkegel«) rollen dann aufeinander ab und man erkennt deutlich, dafs ihre gemeinsame Berührungsgerade die Achse der resultierenden Winkelgeschwindigkeit u ist.

Es ist nötig, sich den Zusammenhang zwischen u_y und u_z noch etwas genauer klar zu machen (Abb. 4). Wir hatten gesagt, der Rollkreis verschöbe sich um das Mafs ΔR. Wir könnten statt dessen auch sagen, der Rollkreis behalte seine Lage, sein Halbmesser r vergröfsere sich aber um das Mafs c, wobei $c = \Delta R . \operatorname{tg}\omega$ ist. Das Mafs c ist stets sehr klein, 1 bis $1^1/_2$ mm; die Angabe des viel gröfseren ΔR ist also anschaulicher.

Es bestehen folgende Beziehungen:

$$\frac{c}{\Delta R} = \frac{r}{R'} = \frac{u_z}{u_y} = \operatorname{tg}\omega.$$

Da u_z konstant ist, so verkleinert sich u_y in demselben Mafse wie R' gegenüber R. Ist u_{y0} diejenige Rollgeschwindigkeit, die die Achse hat, wenn der Grundkreis in Gleismitte liegt, also

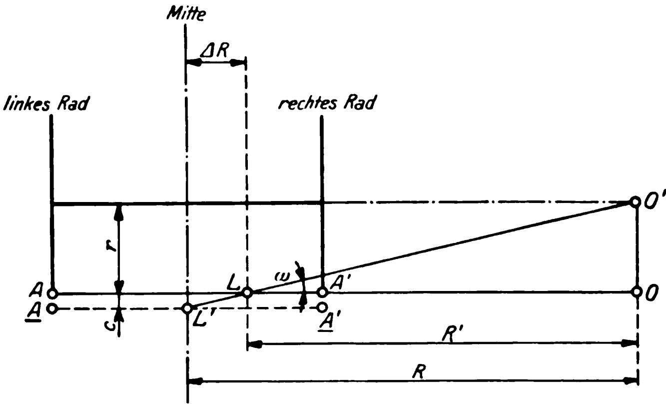


Abb. 4. Zusammenhang zwischen C und ΔR.

$$u_{y0} = u_z . \frac{R}{r}, \text{ so ist } u_y = u_{y0} . \frac{R'}{R} = u_{y0} . \frac{R - \Delta R}{R} =$$

$$= u_{y0} . \left(1 - \frac{\Delta R}{R}\right) = u_z \frac{R - \Delta R}{r}.$$

Gerade so gut kann man auch ansetzen:

$$u_y = u_z \frac{R}{r + c} = u_z \frac{R}{r + \Delta R . \frac{r}{R - \Delta R}} = u_z \frac{R - \Delta R}{R}.$$

Man fragt gewöhnlich, wo die lotrechte Achse liegt, um die der Radsatz »wendet«. Augenscheinlich ist es diejenige, die durch den Punkt L geht. Man kann die Bewegung des Radsatzes so beschreiben: Er macht zuerst eine Elementarrollung um die wagrechte Achse (Grundlinie) A A', welche dabei in Ruhe bleibt, und sodann eine Elementarwendung um die Lotachse in Punkt L, der auf dieser Geraden liegt. Man könnte aber ebenso gut sagen, dafs die Wendung immer um diejenige Lotachse erfolgt, die durch L', also auch durch die Mitte der Grundlinie geht; nur mufs man dann als zugehörige Rollachse die Gerade $\underline{A}\,\underline{A}'$ nehmen und diese ist unanschaulich, da sie von Punkten ausgeht, die an dem Radsatz nicht materiell verwirklicht sind. Dafs diese Willkür besteht, liegt einfach daran, dafs man eine resultierende Winkelgeschwindigkeit an jedem Punkte ihrer Richtungslinie in ihre Komponenten zerlegen kann.

Da die Rollgeschwindigkeit immer sehr grofs ist gegenüber der Wendegeschwindigkeit und auch gegenüber der gleich zu nennenden Seitenverschiebung, so erleichtert es die Betrachtungen ungemein, wenn man nur die beiden letzteren betrachtet. Die meisten Rechnungen beruhen auf dieser Grundlage. Sie ist ohne weiteres zu brauchen, wenn die Rollung für das

Kräftespiel bedeutungslos ist, d. h. ohne Widerstand erfolgt. Bei Achsen, die mit dem Spurkranz anlaufen, stammt aber der weit überwiegende Teil der Spurkranzreibung von der Rollbewegung; hier kann man sie also nicht vernachlässigen und das ist ein weiterer Grund, der die Behandlung der Spurkranzreibung so schwierig macht.

Nicht radial stehende Achse.

Für eine nicht radial stehende Achse ist die Darstellung der Bewegung weniger einfach (Abb. 5). Wir können auch hier einen Rollkreis angeben, der auf einem Grundkreis abrollt, nur daſs er auſser der reinen Rollung eine gleitende Seitenverschiebung erfährt. Nehmen wir wieder an, er liege in Achsmitte. Der Winkel α, der die Schiefstellung bezeichnet, ist gegeben durch $\sin \alpha = \frac{p}{R}$, wenn p der Abstand der Achse vom Reibungsmittelpunkt ist. α ist praktisch gleich dem entsprechenden, am äuſseren Rade gemessenen Winkel, dem Anlaufwinkel und immer so klein, daſs $\sin \alpha = \alpha$ gesetzt werden kann.

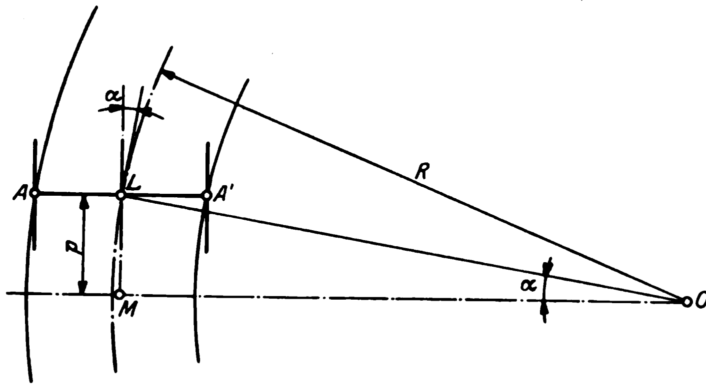


Abb. 5.
Nicht radial stehende Achse, (Rollkreis in Gleismitte angenommen).

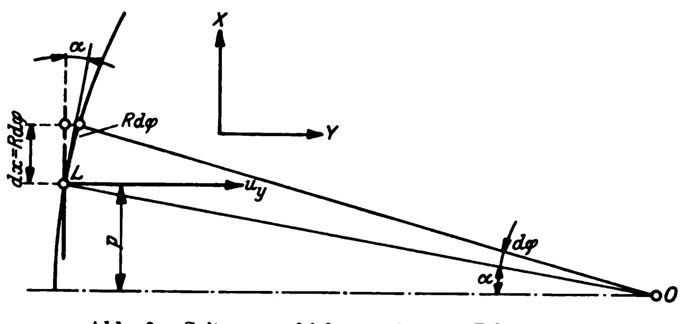


Abb. 6. Seitenverschiebung ($dy = \alpha\ Rd\varphi = pd\varphi$).

Die Gröſse der Querverschiebung (Abb. 6) bei einem Rollweg $R d\varphi$ ist $d_y = \alpha . d_x = \alpha . R d\varphi = p d\varphi$ und die Gleitgeschwindigkeit $v_y = p \frac{d\varphi}{dt} = p . u_z$. Da d_x und $R d\varphi$ sich praktisch nicht unterscheiden, so macht der Rollkreis auf dem Grundkreis gerade so viele Umdrehungen wie in radialer Stellung; es sind weder u_y noch u_z geändert. Wir können also die Bewegung des Rollkreises so beschreiben: er rollt mit der Winkelgeschwindigkeit u_y um eine durch seinen Auflagerpunkt gehende horizontale und zur Y-Richtung parallele Achse, er dreht sich mit der Winkelgeschwindigkeit u_z um eine durch seinen Auflagerpunkt gehende, senkrechte Achse und er wird dabei mit der Geschwindigkeit $v_y = p . u_z$ in der Y-Richtung verschoben.

Wir werden praktisch immer mit diesen Bewegungskomponenten rechnen. Für die Gesamtanschauung ist es aber wünschenswert, sie zu einer Resultierenden zusammenzufassen. Bekanntlich läſst sich jede Elementarbewegung, auch die allgemeinste, die ein Körper im Raume ausführen kann, als eine »Elementarschraubung« darstellen, d. h. der Körper bewegt sich längs einer gegebenen Geraden und dreht sich dabei um dieselbe. Diese Schraubenachse müssen wir angeben.

Wir betrachten die Gerade LM, die von dem Auflagerpunkt des Rollkreises L nach dem Reibungsmittelpunkt M gezogen ist; sie hat die Länge p. Nachdem wir wissen, daſs der Rollkreis sich mit einer Geschwindigkeit u_z um eine senkrechte Achse dreht und der Punkt L sich mit der Geschwindigkeit $p . u_z$ seitlich bewegt, können wir diese beiden Bewegungsanteile zusammenfassen zu einer Drehung um eine senkrechte Achse in Punkt M mit der Wendegeschwindigkeit u_z. Es entsteht also jetzt die Aufgabe, die Achse und die Gröſse der Elementarschraubung für einen Körper anzugeben, der sich mit gegebenen Winkelgeschwindigkeiten um zwei zueinander senkrechte Achsen dreht, die den Abstand $LM = p$ voneinander haben und wobei eine Drehung um diese Gerade LM nicht stattfindet (Abb. 7).

Wir wissen zunächst, daſs die beiden Drehungen wie früher zu einer resultierenden Drehung zusammengefaſst werden können. Zeichnen wir irgendwo im Raume die Winkelgeschwindigkeit u_y (Abb. 7a), und senkrecht dazu die Winkelgeschwindigkeit u_z, die sich wie R:r verhalten, so gibt $u = \sqrt{u_y^2 + u_z^2}$ die resultierende Winkelgeschwindigkeit. Sie ist also nach Gröſse und Richtung

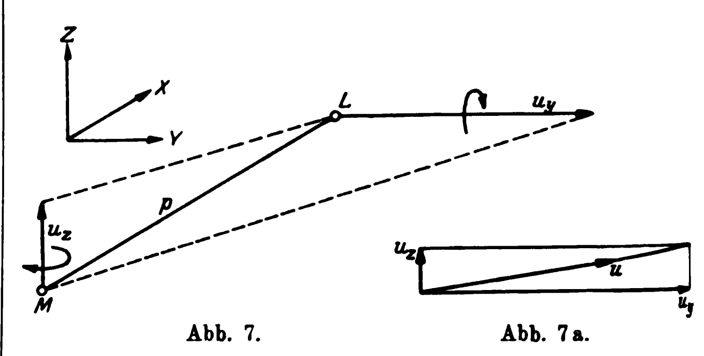


Abb. 7. Abb. 7a.

Abb. 7. Drehung der den Radsatz darstellenden Geraden LM um zwei zueinander senkrechte Achsen.

Abb. 7a. Zusammensetzen der resultierenden Winkelgeschwindigkeit.

dieselbe, wie bei radialer Stellung. Eine X-Komponente enthält sie nicht, da das ein Abheben des Radsatzes von der Schienenebene bedeuten würde. Die gesuchte Schraubenachse muſs u parallel gehen; es bleibt noch ihre Lage im Körper und die Gröſse der Geschwindigkeit längs dieser Achse zu bestimmen. Wir machen dazu folgende Überlegung.

Bei einer Schraubenbewegung haben zwei beliebig herausgegriffene Punkte des Körpers Geschwindigkeiten, die sich je zusammensetzen aus der Translationsgeschwindigkeit v_s, die für beide gleich ist, und der Bahngeschwindigkeit der Rotationsbewegung $u\varrho$ bzw. $u\varrho'$, die proportional dem Abstand von der Drehachse ist.

Projiziert man die Bewegung auf eine Ebene, die senkrecht auf der Rotationsachse steht, so verschwinden die Anteile v_s und es erscheint eine reine Drehbewegung.

Wir errichten also auf der schon gefundenen Richtung der Schraubenachse u eine senkrechte Ebene und projizieren unsere Gerade p darauf; sie erscheint in wahrer Gröſse. Zweckmäſsig legen wir die Ebene durch die Gerade p selbst (Abb. 8). Die Bewegung des Punktes M erscheint als $v_z \cos \omega$, die des Punktes L als $v_y \sin \omega$. Der gesuchte Drehpunkt S, die Projektion der Schraubenachse, muſs auf Senkrechten liegen, die in M und L auf $v_z \cos \omega$ und $v_y \sin \omega$ errichtet werden, d. h. auf der Verbindungslinie ML, und es müssen sich die Abstände wie die Geschwindigkeiten verhalten. Teilen wir also die Strecke ML in diesem Verhältnis, indem wir die Gerade M'SL' ziehen, so

ist S der gesuchte Drehpunkt. Eine weitere Überlegung zeigt, dafs die gesuchte Schraubenachse identisch ist mit der Geraden,

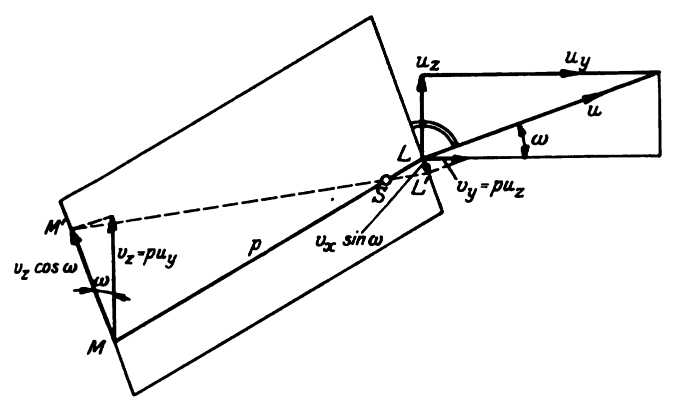
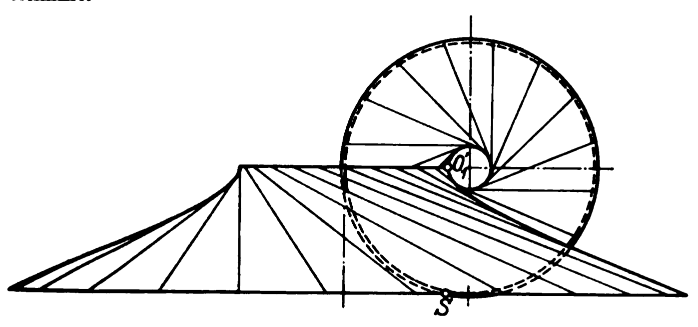


Abb. 8. Ebene durch Gerade LM senkrecht zur Schraubenachse. Bahngeschwindigkeit der Drehung in den Punkten L u. M. Daraus Ermittlung der Lage der Schraubenachse (Drehpunkt S).

die man erhält, wenn man zwischen der Anfangslage der Strecke p und einer benachbarten den kürzesten Abstand bestimmt.



Praktisch wird die Strecke SL aufserordentlich klein. Es ist $\sin\omega = \frac{u_z}{u}$, und $v_y = p\,u_z$, also $L\,L' = v_y \sin\omega = p\,u_z \frac{u_z}{u} = p \frac{u_z^2}{u}$. Ferner ist $M\,M' = v_z \cos\omega = p\,u_y \cdot \frac{u_y}{u} = p \frac{u_y^2}{u}$. Es ist also

$$\frac{LS}{MS} = \frac{p \cdot \frac{u_z^2}{u}}{p \cdot \frac{u_y^2}{u}} = \frac{u_z^2}{u_y^2} = \frac{r^2}{R^2}.$$ Nehmen wir $p = 4{,}5$ m, $r = 0{,}5$ m und $R = 180$ m, so ist $\frac{LS}{MS} = \frac{1}{(360)^2}$, und LS nur $\frac{1}{29}$ mm.

Wir können jetzt die räumliche Bewegung eines nicht radial stehenden Radsatzes folgendermafsen angeben. Er führt eine Schraubenbewegung um eine Achse aus, die eine Kleinigkeit neben dem Fufspunkt L des Rollkreises vorbeigeht (Abb. 9). Die Achse liegt, wie früher, praktisch sehr flach; im wesentlichen handelt es sich um die Rollbewegung. Bei der mit der Schraubung verbundenen Schiebung hebt sich der Radsatz, weil die Schraubenachse schräg nach oben geht, um einen kleinen Betrag von der Gleisebene ab; dieser wird dadurch wieder ausgeglichen, dafs der Rollkreis um einen Punkt S rollt, der etwas neben dem Fufspunkt liegt, und dadurch wieder in die Schienenebene hinuntergedreht wird. Wir wollen zur Kontrolle dieses Mafs berechnen. Die Geschwindigkeit der Querverschiebung ist v_y, das Mafs der Abhebung von der Schiene $v_y \operatorname{tg}\omega = v_y \frac{r}{R} = p \cdot u_z \cdot \frac{r}{R}$. Andererseits hatten wir für die Strecke LS den Wert $p \frac{r^2}{R^2}$; dieses mal der Winkelgeschwindigkeit u_y gibt den Betrag, um den der abgehobene Punkt L wieder in die Schienenebene zurückgedreht wird. Es ist $p \frac{r^2}{R^2} \cdot u_y = p \cdot \frac{r}{R} u_z = p \cdot u_z \cdot \frac{r}{R}$, also wie oben.

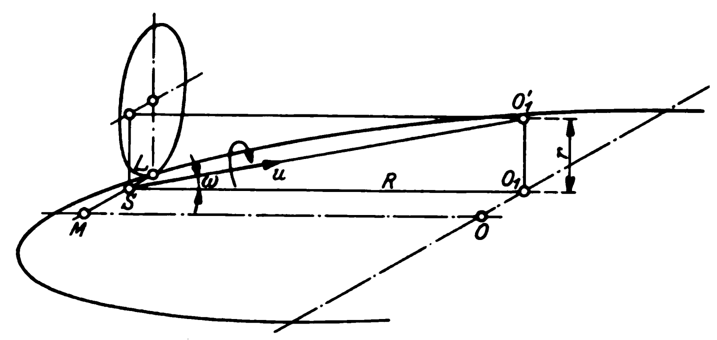
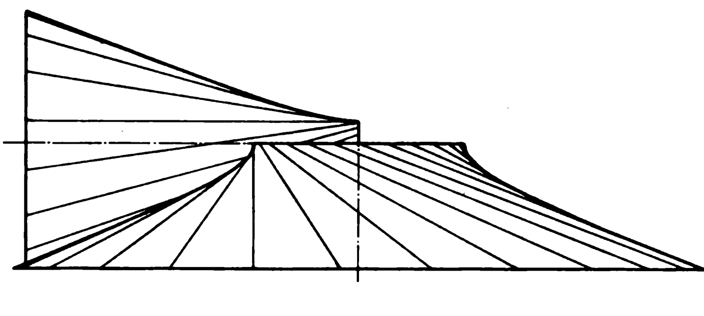


Abb. 9. Schraubenbewegung des Rollkreises. (Schraubenachse u).

Praktisch geben wir die Bewegung der Achse, wie schon früher gefunden, an durch die Rollgeschwindigkeit des Rollkreises um den Fufspunkt L (u_y), die Wendegeschwindigkeit um die Lotachse durch L (u_z), und die Seitenverschiebung $v_y = p \cdot u_z$.



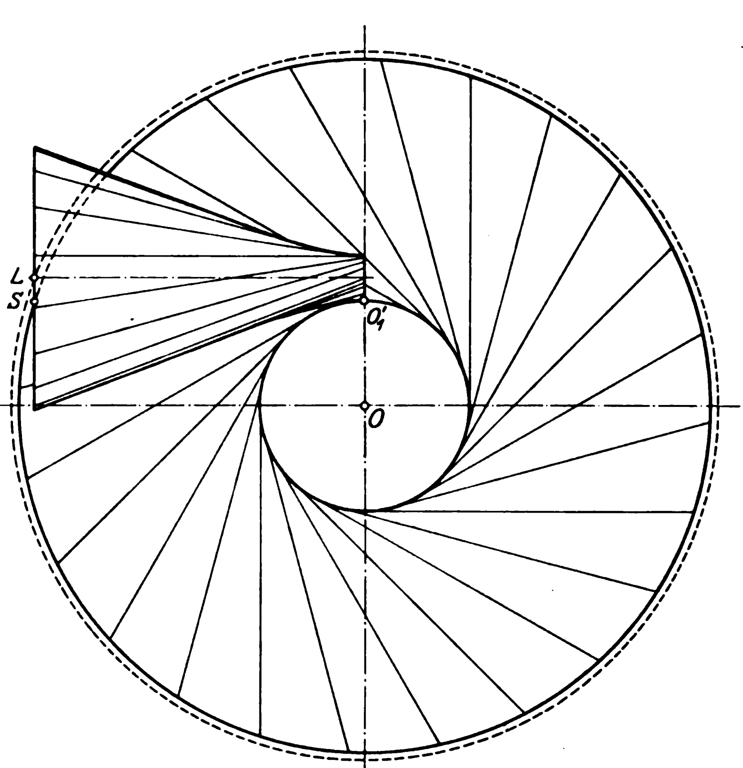


Abb. 10. Abwälzen des Rollhyperboloides auf dem Grundhyperboloid.

Liegt der Rollkreis nicht in Gleismitte, so tritt wie bei der radial stehenden Achse, R' für R, u_y' für u_y usw.

Wenn bei einer radial stehenden Achse die Bewegung der

beiden Teilkreise aufeinander der Bewegung zweier Kegelzahnräder entspricht, so können wir die Bewegung der Teilkreise bei einer nicht radial stehenden Achse nach Art zweier Hyperboloidzahnräder betrachten, bei denen bekanntlich auch ein Gleiten längs der Zahnflanken stattfindet. Wenn man die aufeinander folgenden Lagen der momentanen Schraubenachse im festen Raum aufträgt, erhält man das »Grundhyperboloid«, und wenn man dasselbe am bewegten Körper (Radsatz) tut, das »Rollhyperboloid« (Abb. 10). Die Schraubenachsen sind Erzeugende beider Hyperboloide.

Die Bewegung am Spurkranzdruckpunkt.

Wenn man einen bestimmten Bewegungszustand eines Radsatzes nach den voraufgegangenen Betrachtungen annimmt, so kann man die resultierende Bewegung irgend eines Punktes des Radsatzes oder deren Komponenten ohne weiteres angeben. Freilich kennt man bei diesen Rechnungen den Bewegungszustand meist von vornherein nicht. Man mufs ihn annehmen, danach die Bewegungen der reibenden Punkte und danach wieder die dort auftretenden Kräfte bestimmen; andernfalls mufs man die Rechnung mit einer anderen Annahme wiederholen.

Der am Spurkranz anlaufende Radsatz hat zwei Freiheitsgrade. Wenn man eine Annahme bezüglich des Bewegungszustandes macht (Δ R oder c), bleibt nur noch ein Freiheitsgrad; die Bewegung ist dann bestimmt. Dafs der Radsatz wirklich zwei Freiheitsgrade hat, erkennt man an folgendem (Abb. 11).

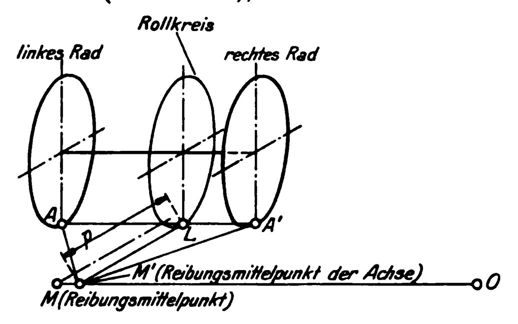


Abb. 11. Führung der Achse durch den Rahmen.

Wenn OM die vom Kreismittelpunkt auf die Fahrzeuglängsachse gefällte Senkrechte, — wir wollen sie den »Hauptradius« nennen — und M dementsprechend der Reibungsmittelpunkt des Fahrzeugs ist, so schneidet die Lotebene des Rollkreises den Hauptradius in einem Punkte M'. Wir können diesen sinngemäfs als »Reibungsmittelpunkt des Radsatzes« bezeichnen. Er kann mit M zusammenfallen, braucht es aber nicht. Wir erinnern uns, dafs wir uns die Bewegung der Geraden LM aus zwei Drehungen bestehend denken konnten, erstens der Drehung um die wagrechte Achse A L A' (Rollung), zweitens aus der Drehung um die lotrechte Achse M' (Wendung). Denken wir uns durch M' eine Lotebene gleichlaufend zur Fahrzeuglängsachse gelegt, so wird sich derjenige Punkt des Radsatzes, der vorher mit M' zusammenfiel, bei der ersteren Bewegung zwar von M' entfernen; er wird aber bei beiden Drehungen nicht aus der genannten Lotebene heraustreten. Darin drückt sich die Führung aus, die der Rahmen dem Radsatz verleiht. Die Führung eines Körperpunktes auf einer Ebene entspricht aber einer Bedingung. Wir können also sagen: Die Führung des Radsatzes durch den Rahmen vernichtet einen Freiheitsgrad.

Aufserdem sind noch die Punkte A und A' des Radsatzes auf der Schienenebene geführt, ferner der Spurkranzdruckpunkt an der schrägen Flanke des Schienenkopfes. Das sind drei weitere Bedingungen. Es bleiben also $6 - 4 = 2$ Freiheitsgrade. Die drei letztgenannten Führungen erfolgen unter Reibung, die erste ist reibungslos.

Eine Achse, die querverschieblich ist und weder im Rahmen noch an der Schiene anläuft, hat drei Freiheitsgrade; sie kann z. B. rollen, vorwärts gleiten und seitlich gleiten. Kommt sie zum Anlaufen, so hat auch sie nur zwei Freiheitsgrade.

Die Bewegung am Punkt M' braucht man nicht zu bestimmen, da dort keine Reibungskräfte übertragen werden. Von den drei übrigen ist die Bewegung bei A und A' leicht anzugeben, sie enthält nur Komponenten in der X- und Y-Richtung. Die Bewegung am Spurkranzdruckpunkt enthält auch eine Komponente in der Z-Richtung; die Bewegung ist zwar auch ohne weiteres anzugeben, aber sie stellt doch hohe Anforderungen an die Vorstellungskraft. Wir müssen deshalb zunächst die Vorstellung schärfen.

Wenn ein Rad rollt, so verändert es auch während einer sehr kleinen Bewegung den Berührungspunkt. Man stellt sich deshalb besser ein Rad vor, das nur mit einer Speiche aufruht (Abb. 12).

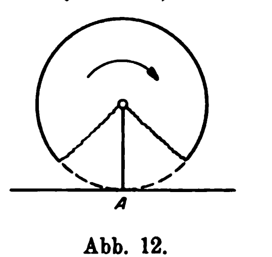


Abb. 12.

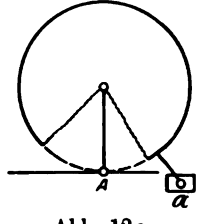


Abb. 12a.

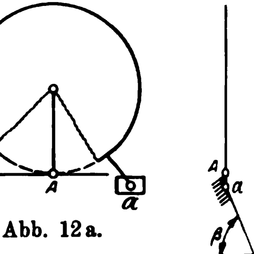


Abb. 12. Rollendes Rad. Man denke sich während einer unendlich kleinen Rollung die Stützspeiche nicht verändert.

Abb. 12a. Drücken im Spurkranzdruckpunkt mittels einer verlängerten Speiche, die während einer unendlich kleinen Drehung dieselbe bleibt.

Ein solches Rad wechselt während einer sehr kleinen Bewegung seinen Auflagerpunkt A nicht; es kommt erst nach Ablauf dieser kleinen Bewegung die nächste — hier nicht gezeichnete — Speiche zum Tragen.

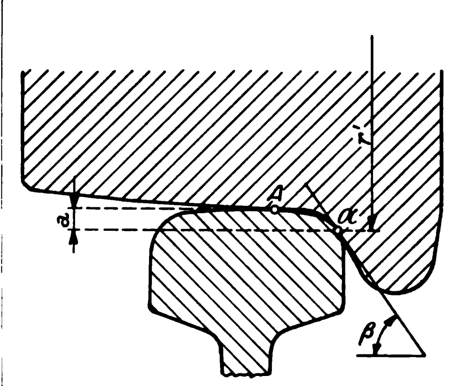


Abb. 13. Zweipunktberührung.

Ähnlich ist es am Spurkranzdruckpunkt. Zunächst mufs dieser in einem gegebenen Fall ermittelt werden. Er ist bei einer gegebenen Stellung des Fahrzeugs geometrisch bedingt.

Bei den üblichen Rad- und Schienenformen herrscht im allgemeinen Zweipunktberührung (Abb. 13). Stellt man Rad und Schiene parallel und führt einen lotrechten Mittelschnitt durch das Rad, so ergibt sich das angegebene Bild. Es finden zwei Berührungen statt, bei A und bei 𝔄. Stellt man nun das Rad in einen gewissen Winkel (Anlaufwinkel α) zur Schiene, so rückt der Punkt 𝔄 nach vorne. Man kann seine Lage praktisch vollkommen genau genug folgendermafsen ermitteln. Man stellt, von der Parallelstellung ausgehend, den Halbmesser r' des Punktes 𝔄 fest, sowie die Neigung der Berührenden in 𝔄 gegen die Horizontale. Ein Horizontalschnitt durch 𝔄 schneidet den Spurkranz im konischen Teil nach einer Hyperbel, in der Hohlkehle nach einer Lemniskate. Beide Kurven kann man durch ihren Krümmungskreis ersetzen. Sein Halbmesser ϱ ist r' tg β. Danach ist die Vorverlegung des Punktes 𝔄 gegeben

durch $\varrho \,.\, a = r' \operatorname{tg} \beta \,.\, a$ (Abb. 14); sie wird im folgenden mit b bezeichnet. Der Höhenunterschied zwischen S. O. und $\mathfrak{A}$ sei a, so dafs $r' = r + a$ ist.

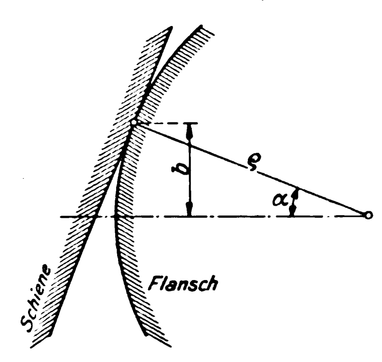


Abb. 14. Vorverlegung des Druckpunktes ($b = \varrho \,.\, a$).

Die berührende Ebene im Punkte $\mathfrak{A}$ ist nicht nur unter dem Winkel β gegen die Horizontale geneigt, sondern auch um den Winkel a gegen die Fahrzeuglängsachse geschwenkt. Letzteres bewirkt aber für die Drucknormale nur Änderungen, die von der zweiten Ordnung klein sind. Der Anlaufwinkel a wird daher bei Ermittlung der Kräfte am Punkt $\mathfrak{A}$ vernachlässigt.

Es scheint zunächst, als ob das ein Widerspruch gegen früher sei. Wenn man nämlich einen Wagen mittels Druckrollen führt*), so ist gerade die geringe Schiefstellung der Schiene am Anlaufpunkt dasjenige, in dem der Krümmungswiderstand zum Ausdruck kommt. Richtkraft $\times$ Anlaufwinkel gibt den Anteil der Achse am Krümmungswiderstand. Bei Spurkranzführung ist aber die Lage grundsätzlich anders. Der Anlaufwinkel wirkt sich dahin aus, dafs das Mafs b, die Vorverlegung des Druckpunktes, entsprechend grofs wird; dadurch wächst aber das Moment, das der Druck am Punkte $\mathfrak{A}$ auf die rollende Achse ausübt und das diese zurückhalten will.

Wir wollen gleich eine zweite Vernachlässigung machen. Der Spurkranzdruckpunkt liegt eine Kleinigkeit näher an Gleismitte als der Punkt A. Das gibt Unebenheiten in der Rechnung. Wir nehmen deshalb an, dafs $\mathfrak{A}$ auch in der Radebene liegt, die wir 0,75 m von Achsmitte festgesetzt hatten. Man kann diese Annahme für eine sehr kleine Bewegung auch materiell verwirklichen, aber nicht für eine gröfsere.

Auch am Spurkranzdruckpunkt stört es die Vorstellung, dafs der Punkt während einer kleinen Bewegung am Rade wandert. Wir denken uns auch für ihn eine einzelne »verlängerte Speiche«, die an einer schräggestellten Fläche (der berührenden Ebene des Schienenkopfes) gleitet (Abb. 12 a). Nachdem eine kleine Bewegung ausgeführt ist, tritt, wie früher, eine neue Speiche an einer neuen Fläche ein. Es kommen die Punkte $\mathfrak{A}$, $\mathfrak{A}'$, $\mathfrak{A}''$ und $\mathfrak{A}'''$ nacheinander mit den Ebenen $\mathfrak{E}$, $\mathfrak{E}'$, $\mathfrak{E}''$ und $\mathfrak{E}'''$ in Berührung. Die Berührung erzwingt beim Rollen des Rades ein Gleiten nach der Seite, weil die Fläche schräg steht. Ist der Punkt $\mathfrak{A}$ an der Fläche E hinabgeglitten, so kommt der Punkt $\mathfrak{A}'$ an der Fläche $\mathfrak{E}'$ zum Führen (Abb. 15). Für unsere Rechnung haben wir es nur mit einer Ebene zu tun.

Da für die Achse nur die vier geführten Punkte wesentlich sind, kann man sie sehr vereinfacht darstellen. Das in Abb. 16 stark gezeichnete Gestänge ist ein an vier Punkten $\mathfrak{A}$, A, A' und M' geführter starrer Körper; er ist senkrecht über A und A' je mit der Kraft Q belastet. (Wir legen also auch die vom Wagenkasten kommenden Federkräfte in die Radebene; das Gleichgewicht als Ganzes wird dadurch nicht geändert. Den Radsatz selbst denkt man sich am besten gewichtslos).

Die Grundlagen für die Ermittlung des Gleichgewichts.

Die am Spurkranzdruckpunkt vorkommenden Gröfsen wollen wir mit Ausnahme der Richtkraft $P = \mathfrak{N}_y$ fortan mit deutschen Buchstaben und die am Auflagerpunkt des Innenrades mit einem Strich (') bezeichnen. Ferner wollen wir die Seitenkräfte der Reibung in X-Richtung K-Kräfte, die in Y-Richtung G-Kräfte und die in Z-Richtung J-Kräfte nennen. Die folgende Zusammenstellung 1 läfst das Schema der gewählten Bezeichnungen an einem zweiachsigen Wagen erkennen.

*) S. „Spurerweiterung oder nicht?" Seite 224.

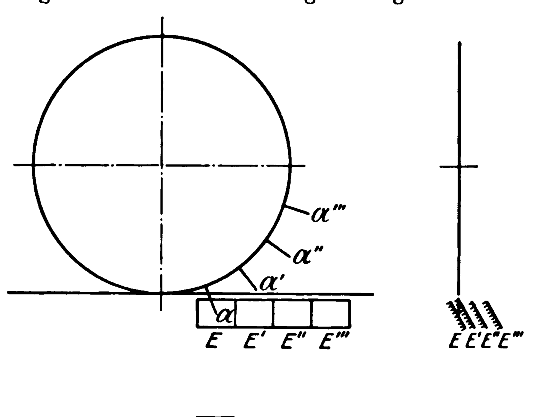


Abb. 15. Vereinfachte, der Rechnung zugrunde liegende Vorstellung der Spurkranzführung: Einzelne, verlängerte Speichen, die an entsprechenden schrägen Ebenen hinabgleiten.

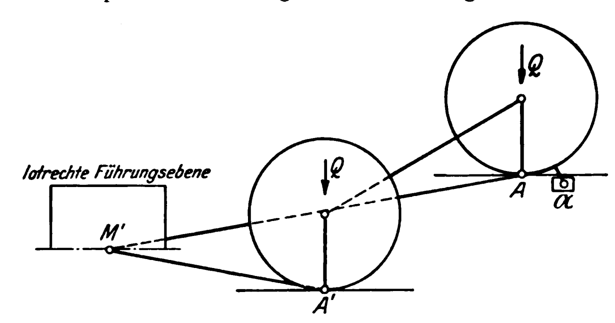


Abb. 16. Der Radsatz wird für die Berechnung durch einen Körper ersetzt, der nur die hierfür mafsgebenden Punkte $\mathfrak{A}$, A, A' und M' enthält.

Zusammenstellung 1.

Achse	1			2		
Stützpunkte	$\mathfrak{A}_1$	A_1	A_1	$\mathfrak{A}'_2$	A_2	A'_2
Normalkräfte	$\mathfrak{N}_1$	N_1	N'_1	$\mathfrak{N}_2$	N_2	N'_2
Reibungskräfte in X-Richtung	$\mathfrak{K}_1$	K_1	K'_1	$\mathfrak{K}'_2$	K_2	K'_2
„ „ Y-Richtung	$\mathfrak{G}_1$	G_1	G'_1	$\mathfrak{G}'_2$	G_2	G'_2
„ „ Z-Richtung	$\mathfrak{J}_1$	—	—	$\mathfrak{J}'_2$	—	—
resultierende Reibungskräfte	$\mathfrak{R}_1$	R_1	R'_1	$\mathfrak{R}'_2$	R_2	R'_2
Geschwindigkeit in X-Richtung	$\mathfrak{v}_{1_x}$	v_{1_x}	v_{1_x}	$\mathfrak{v}'_{2_x}$	v_{2_x}	v'_{2_x}
„ „ Y-Richtung	$\mathfrak{v}_{1_y}$	v_{1_y}	v'_{1_y}	$\mathfrak{v}'_{2_y}$	v_{2_y}	v'_{2_y}
„ „ Z-Richtung	$\mathfrak{v}_{1_z}$	—	—	$\mathfrak{v}'_{2_z}$	—	—
resultierende Gleitgeschwindigkeit	$\mathfrak{v}_1$	v_1	v_1	$\mathfrak{v}_2$	v_2	v'_2

Zur Ermittlung des Gleichgewichts einer Achse stehen jetzt folgende Handhaben zur Verfügung. Die Achse erfährt in den Punkten $\mathfrak{A}$, A, A' und M' Drücke, die mit $\mathfrak{N}$, N, N' und H bezeichnet seien. Das sind vier Unbekannte. Aufserdem ist c bzw. ΔR unbekannt. Mit Hilfe von c lassen sich alle Bewegungen und aus diesen mittelst der Normalkräfte N und der Reibungsziffer f die Reibungen K, G, $\mathfrak{K}$, $\mathfrak{G}$, $\mathfrak{J}$ ansetzen. Es fehlt noch die sechste Unbekannte. Diese ist der auf die Achse entfallende Anteil des Krümmungswiderstandes. Gewöhnlich wird der Krümmungswiderstand durch Ziehen am Zughaken überwunden. Dann läuft diese Kraft durch den Rahmen und die Achshalter in die Achse, wo sie als horizontale Kraft

in der X-Richtung angreift. Bei Gleitbewegungen verursacht aber eine hinzukommende Einzelkraft eine Änderung der Gleichgewichtsverhältnisse, das macht die Rechnung unbequem. Wir denken uns deshalb statt der Einzelkraft ein antreibendes Moment $\mathfrak{M}_w$, das vom festen Raum unmittelbar auf die Achse wirkt. Es ist klar, dafs sich die Verhältnisse dadurch nur ganz unwesentlich verändern.

Die sechs Unbekannten sind also: $\mathfrak{N}$, N, N', H, c und $\mathfrak{M}_w$. Dem stehen die sechs räumlichen Gleichgewichtsbedingungen gegenüber.

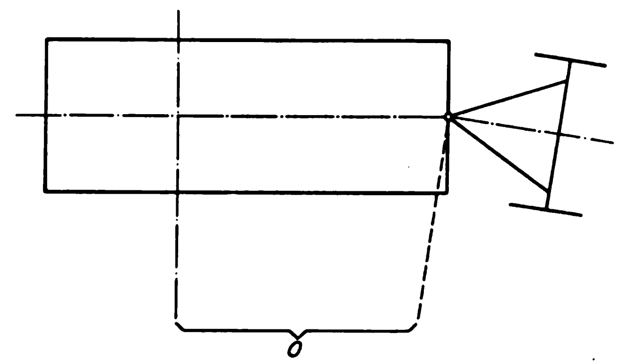


Abb. 17. Deichselgestell, Gleichgewicht einzeln bestimmbar.

Es mufs hier freilich gleich erwähnt werden, dafs dieser einfache Fall meist nicht zutrifft. Er kann zutreffen bei Deichselachsen, nämlich, wenn der Hauptradius des Deichselgestells durch den Gelenkpunkt geht (Abb. 17). Aber wenn mehrere Achsen in einem Rahmen sitzen — schon beim einfachen zweiachsigen Wagen trifft das zu — übt jede Achse auf die andere eine Rückwirkung aus. Die beiden Gruppen von Gleichgewichtsbedingungen sind gekuppelt, was die Rechnung sehr verwickelt macht. Im allgemeinsten Fall gibt es schon beim zweiachsigen Fahrzeug 24 Gleichgewichtsbedingungen, nämlich je sechs für die erste Achse, die zweite Achse, den Rahmen und das ganze Fahrzeug.

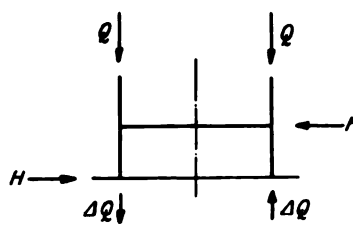


Abb. 18. Ungleichwerden der Raddrücke bei Seitendruck im Lager.

Es mufs hier auch gleich auf einen sehr wichtigen Umstand hingewiesen werden, nämlich, dafs die Raddrücke nicht gleich bleiben. Eine Achse, die ein langes Fahrzeug unter hohem Anlaufdruck führt, ist auch ohne dynamische Wirkungen in der Lage der Abb. 18. Ihre Stellung zum Rahmen ist nicht geändert; infolgedessen ist auch der Federdruck ungeändert, d. h. auf beiden Seiten gleich. Wenn die Achse nun im Lager einen starken Seitendruck bekommt, tritt ein Kippmoment auf, das das eine Rad be- das andere entlastet. Die grundlegenden Ableitungen von Uebelacker und Heumann, die gleichen Raddruck voraussetzen, beruhen also streng genommen auf der Annahme, dafs entweder der Reibungswert f so klein sei, dafs die dadurch erzeugten Kräfte die Lastverteilung nicht wesentlich verändern, oder darauf, dafs die Räder sehr niedrig seien, dafs also der Angriffspunkt der seitlichen Lagerdrücke nicht sehr hoch über S. O. liege. Die Aufgabe ist — mit einem Wort — als ebenes Problem gefafst; sie ist aber ein räumliches, und die dadurch bedingten Abweichungen können unter Umständen erheblich werden.

Sind wenigstens alle Räder ungefähr gleich grofs, so greifen an den Rahmen nur Kräfte an, die in der Ebene der Radmittelpunkte liegen; es ist dann wenigstens das Gleichgewicht des Rahmens ein ebenes Problem.

Bestimmung der Bewegung in den drei reibenden Stützpunkten.

Der Spurkranzdruckpunkt $\mathfrak{A}$ liegt bei neuen Reifen und Schienen 8 mm unter S. O. (Abb. 13). Infolgedessen wird

$$r' = r + a = 0{,}5 + 0{,}008 = 0{,}508 \text{ m}$$

und die Vorverlegung

$$b = \varrho \cdot a = r' \cdot \operatorname{tg} \beta \cdot a.$$

In Abb. 19 sind für eine Vorderachse die drei Stützpunkte auf den Rollkreis projiziert. Der Rollkreis ist in Gleismitte angenommen und hat den Halbmesser r + c (siehe Seite 335).

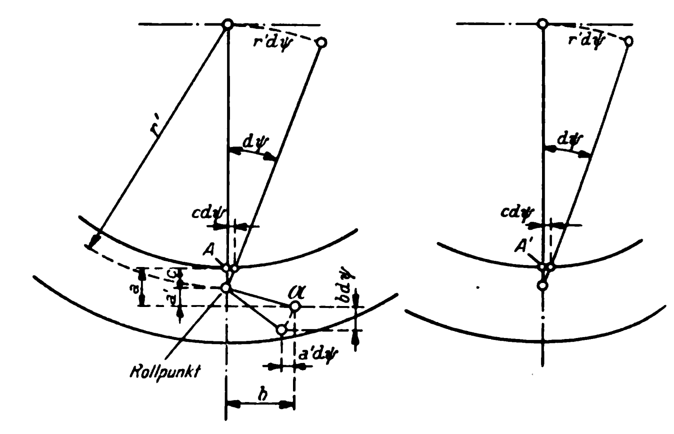


Abb. 19. Projektion der Stützpunkte auf den Rollkreis.

c braucht nur berücksichtigt zu werden, wenn es allein oder mit Gröfsen gleicher Ordnung vorkommt; gegen r wird es vernachlässigt.

Es ist dann aus der Rollung:

am Punkt $\mathfrak{A}$: $\mathfrak{v}_x\, dt = -a'\, d\psi = -a' \frac{R}{r}\, d\varphi$

$$\mathfrak{v}_z\, dt = -b\, d\psi = -b \frac{R}{r}\, d\varphi$$

am Punkt A und A':

$$v_x\, dt = v'_x\, dt = c\, d\psi = c\, \frac{R}{r} \cdot d\varphi.$$

Ferner aus der Wendung:

am Punkt $\mathfrak{A}$ und A:

$$\mathfrak{v}_x\, dt = v_x\, dt = \frac{s}{2} \cdot d\varphi$$

am Punkt A': $\qquad v'_x\, dt = -\frac{s}{2}\, d\varphi$

Endlich aus der Seitenverschiebung:

für alle drei Punkte:

$$\mathfrak{v}_y\, dt = v_y\, dt = v'_y\, dt = R\, d\varphi \cdot \alpha = p \cdot d\varphi.$$

Daraus folgt für die einzelnen Punkte:

Punkt $\mathfrak{A}$: $\qquad \mathfrak{v}_x\, dt = \left(\frac{s}{2} - a' \frac{R}{r}\right) d\varphi$

$$\mathfrak{v}_y\, dt = R\, d\varphi \cdot \alpha$$

$$\mathfrak{v}_z\, dt = -b \frac{R}{r} \cdot d\varphi.$$

Sie sind in Abb. 20 veranschaulicht. Der resultierende Gleitweg in der Querebene ist:

$$\mathfrak{v}_{yz}\, dt = \sqrt{\mathfrak{v}_y^2 + \mathfrak{v}_z^2}\, dt;$$

da $\frac{\mathfrak{v}_y}{\mathfrak{v}_z} = \operatorname{ctg} \beta$ ist, so ergibt sich

$$\mathfrak{v}_{yz}\, dt = \mathfrak{v}_z \cdot \sqrt{1 + \operatorname{ctg}^2 \beta}\, dt = \frac{\mathfrak{v}_z}{\sin \beta}\, dt = \frac{b \cdot R}{r \cdot \sin \beta} \cdot d\varphi = $$

$$= \frac{p}{\cos \beta}\, d\varphi.$$

Der gesamte Gleitweg ist:

$$\mathfrak{v}\,dt = \sqrt{\mathfrak{v}_x^2 + \mathfrak{v}_y^2 + \mathfrak{v}_z^2}\,dt = \sqrt{\mathfrak{v}_x^2 + \mathfrak{v}_{yz}^2}\,dt =$$

$$= \sqrt{\left(\frac{s}{2} - a'\frac{R}{r}\right)^2 + \frac{p^2}{\cos^2\beta}}\,d\varphi.$$

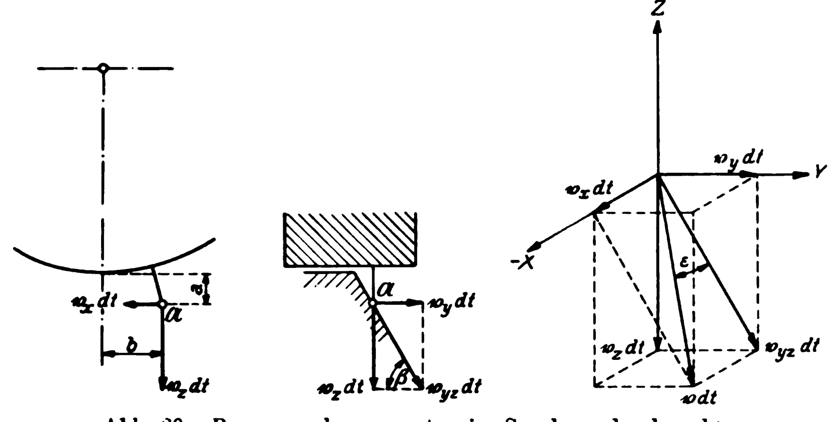


Abb. 20. Bewegungskomponenten im Spurkranzdruckpunkt.

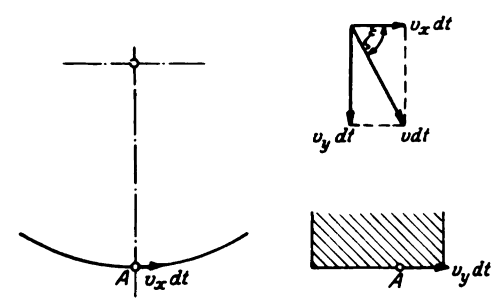


Abb. 21. Bewegungskomponenten im Punkt A.

Punkt A. (Abb. 21). $v_x\,dt = \left(\frac{s}{2} + c\frac{R}{r}\right)d\varphi$

$$v_y\,dt = R\,d\varphi\,.\,a = p\,d\varphi$$

$$v\,dt = \sqrt{v_x^2 + v_y^2}\,dt = \sqrt{\left(\frac{s}{2} + c\frac{R}{r}\right)^2 + p^2}\,d\varphi.$$

Abb. 22. Bewegungskomponenten im Punkt A'.

Punkt A' (Abb. 22).

$$v'_x\,dt = \left(-\frac{s}{2} + c\frac{R}{r}\right)d\varphi$$

$$v'_y\,dt = R\,d\varphi\,.\,a = p\,d\varphi$$

$$v'\,dt = \sqrt{v'^2_x + v'^2_y}\,dt = \sqrt{\left(-\frac{s}{2} + c\frac{R}{r}\right)^2 + p^2}\,d\varphi.$$

Bestimmung der Reibungskräfte aus den Bewegungen.

Die Gesamtreibung an jedem Stützpunkt läfst sich entsprechend den Gleitgeschwindigkeiten in Seitenkräfte nach den drei Richtungen X, Y und Z zerlegen, sie sind den einzelnen Geschwindigkeitskomponenten natürlich entgegengesetzt gerichtet, schliefsen also miteinander die gleichen Winkel ein wie diese. Am Spurkranzdruckpunkt erfolgte die Gleitbewegung auf einer geneigten Ebene, dieser Bewegung entsprechend erhält man drei Seitenkräfte der Reibung (Abb. 23). Sie sind, wenn $\mathfrak{N}$ der Auflagerdruck, der in je eine Komponente in Y und Z-Richtung

$$\mathfrak{N}_y = P = \mathfrak{N}\,.\,\sin\beta$$
$$\text{und}\quad \mathfrak{N}_z = \mathfrak{N}\,.\,\cos\beta$$

zerlegt werden kann, und f der Reibungsbeiwert ist:

$$\mathfrak{K} = f\,.\,\mathfrak{N}\,\frac{\mathfrak{v}_x}{\mathfrak{v}} = f\,.\,\mathfrak{N}\sin\varepsilon$$

$$\mathfrak{G} = f\,.\,\mathfrak{N}_z\,\frac{\mathfrak{v}_{yz}}{\mathfrak{v}} = f\,.\,\mathfrak{N}_z\cos\varepsilon$$

$$\mathfrak{J} = f\,.\,\mathfrak{N}_y\,\frac{\mathfrak{v}_{yz}}{\mathfrak{v}} = f\,.\,\mathfrak{N}_y\cos\varepsilon$$

An den Stützpunkten A und A' fand das Gleiten auf einer horizontalen Ebene, nämlich der Schienenkopfebene, statt. Infolge dieser horizontalen Bewegung wird man auch die Reibungskräfte nur in der Horizontalebene erhalten. Bedeuten N und N' die Auflagerdrücke am Punkt A und A' und f wieder den Reibungsbeiwert, dann sind die Seitenkräfte bei A (Abb. 24),

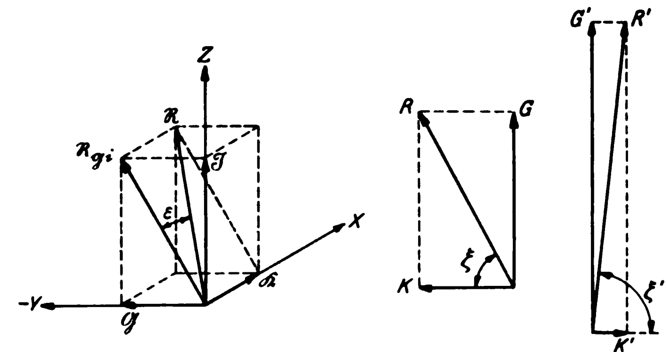


Abb. 23. Abb. 24. Abb. 25

Abb. 23. Seitenkräfte der Reibung im Spurkranzdruckpunkt.
Abb. 24. Seitenkräfte der Reibung im Punkt A.
Abb. 25. Seitenkräfte der Reibung im Punkt A'.

$$K = f\,.\,N\,\frac{v_x}{v} = f\,.\,N\cos\xi$$

$$G = f\,.\,N\,\frac{v_y}{v} = f\,.\,N\sin\xi$$

und bei A' (Abb. 25),

$$K' = f\,.\,N'\,\frac{v'_x}{v'} = f\,.\,N\cos\xi'$$

$$G' = f\,.\,N'\,\frac{v'_y}{v'} = f\,.\,N'\,.\,\sin\xi'.$$

Die Gleichgewichtsbedingungen.

Unter der früher gemachten, vereinfachten Voraussetzung, dafs sich das Gleichgewicht eines Radsatzes für sich bestimmen läfst und mit den für die einzelnen an ihm wirksamen Kräfte (Abb. 26) eingeführten Bezeichnungen erhalten die Gleichungen für das Gleichgewicht folgende Form:

1. $\Sigma X \quad = 0:\ \mathfrak{K} + K + K' = 0.$
2. $\Sigma Y \quad = 0:\ P + \mathfrak{G} + G + G' - H = 0.$
3. $\Sigma Z \quad = 0:\ \mathfrak{N}_z + N + N' + \mathfrak{J} - 2\,Q = 0.$
4. $\Sigma \mathfrak{M}_{xy} = 0:\ \mathfrak{M} - (-\mathfrak{K} + K + K')\,.\,\frac{s}{2} = 0.$
5. $\Sigma \mathfrak{M}_{xz} = 0:\ (-\mathfrak{N}_z - \mathfrak{J})\,.\,b + (K + K')\,.\,c - \mathfrak{K}\,.\,a' + \mathfrak{M}_w = 0.$
6. $\Sigma \mathfrak{M}_{yz} = 0:\ (\mathfrak{N}_z + \mathfrak{J} + N)\,.\,s - H\,.\,r - (P + \mathfrak{G})\,.\,a - Q\,.\,s = 0.$

Der Richtungssinn der Reibungskomponenten ist in den Gleichungen so gewählt, dafs das für die Rechnung einzusetzende Vorzeichen sich aus dem Richtungssinn der Gleitwege ergibt, und zwar ist es jedesmal entgegengesetzt einzuführen.

Dreiräderiges Fahrzeug.

Wir wollen die schwierige Aufgabe, das Gleichgewicht einer in der Krümmung rollenden Achse zu bestimmen, stufenweise in Angriff nehmen.

man die oben genannten Gleichgewichtsbedingungen an, wobei hier die Kräfte N'; K'; G' und H herausfallen. Durch Probieren erhält man Gleichgewicht bei c = 1,09 mm, was zu nachstehend eingetragenen Tabellenwerten führt.

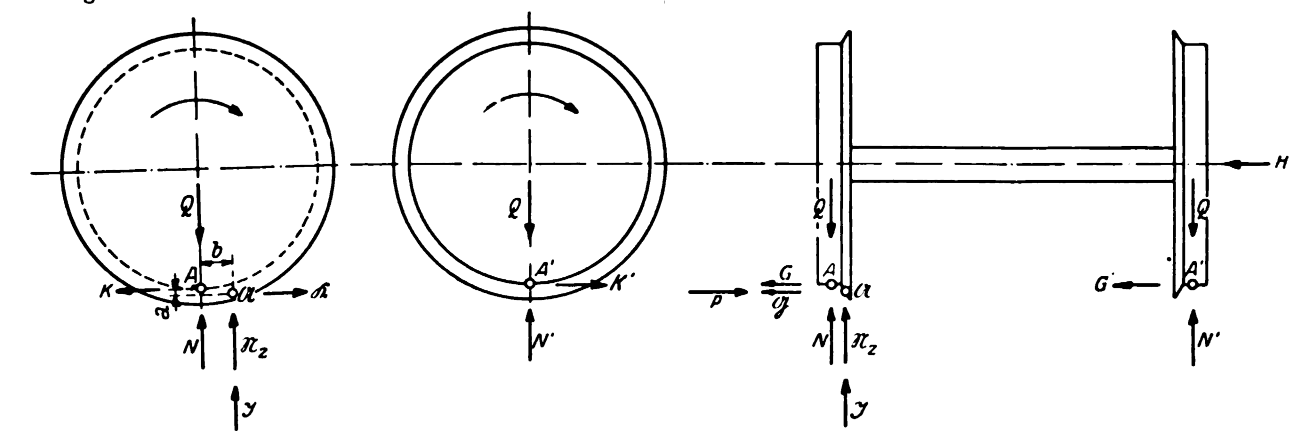


Abb. 26. Sämtliche in die Gleichgewichtsbedingungen eingehenden Kräfte an einer aufsen anlaufenden Achse.

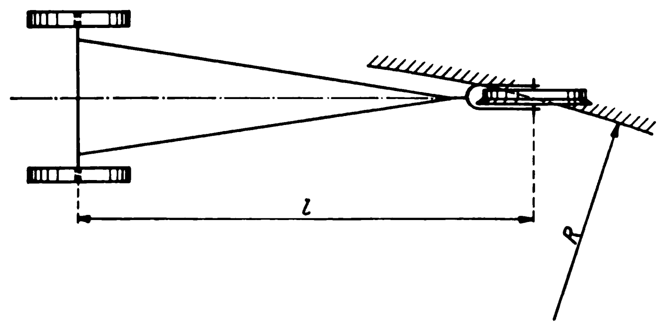


Abb. 27. Dreirädriges Fahrzeug.

Man denke sich zunächst ein dreiräderiges Fahrzeug (Abb. 27), das mit einem mit 2 Q belasteten Spurkranzrad an einer besonderen Mittelschiene führt. Die Hinterachse habe ein loses Rad, so dafs sie ihrer »Wendung« keinen Widerstand entgegensetzt. Im Gleis sei soviel Spiel vorhanden, dafs die Führung zwanglos wird. Der Hauptradius fällt dann in die Hinterachse, die sich also radial einstellt. Das Vorderrad läuft in dieser Stellung unter dem Winkel α gegen die Führungsschiene an. α ergibt sich aus:

$$\alpha = \sin\alpha = \frac{l}{R} = \frac{4,5}{180} = 0,025$$

$$\alpha = 1^0\ 25'\ 55''.$$

Die Vorverlegung des Spurkranzdruckpunktes $\mathfrak{A}$ wird damit:

$$b = r' \operatorname{tg}\beta \,.\, \alpha = 0.508 \,.\, 1,732 \,.\, 0,025 = 0,022 \text{ m}.$$

Aus den Gleichgewichtsbedingungen läfst sich die Gröfse c nicht durch unmittelbares Auflösen finden, weil sie wiederholt unter dem Wurzelzeichen steht. Man kann deshalb nur so vorgehen, dafs man einen bestimmten Wert für c annimmt und rechnerisch nachprüft ob sämtliche Bedingungen erfüllt sind. Die Rechnung wird dadurch umständlich; um sie sich zu vereinfachen und übersichtlich zu gestalten, tut man gut, eine Tabelle wie etwa nachstehende sich anzulegen. Zweckmäfsig wird man dabei die Werte vorweg bestimmen, die bei derselben Stellung des Fahrzeugs konstant bleiben. Diese sind:

$$\mathfrak{v}_z \cdot \frac{dt}{d\varphi} = -b\frac{R}{r} = -7,92$$

$$\mathfrak{v}_{yz}\frac{dt}{d\varphi} = \frac{p}{\cos\beta} = 9,0.$$

$$\mathfrak{v}_y \frac{dt}{d\varphi} = v_y \cdot \frac{dt}{d\varphi} = R\,\alpha = p = 4,5.$$

$$p^2 = 20,25.$$

Mit diesen festen Werten und einem angenommenen c setzt

Zusammenstellung 2.

Stützpunkte	$\mathfrak{A}$	A
$v_x \frac{dt}{d\varphi}$	− 2,485	0,392
$v \frac{dt}{d\varphi}$	9,475	4,52
sin	$\varepsilon = -0,2625$	$\xi = 0,996$
cos	$\varepsilon = 0,965$	$\xi = 0,0867$
K ($\mathfrak{K}$)	0,0656 $\mathfrak{N}$	− 0,0217 N
G ($\mathfrak{G}$)	− 0,121 $\mathfrak{N}$	− 0,249 N
J ($\mathfrak{J}$)	0,209 $\mathfrak{N}$	—

Ferner ergibt sich:

$$\mathfrak{N} = 0,537\ Q$$
$$N = 1,62\ Q$$
$$\mathfrak{M}_w = 0,0086414\ Q.$$

Der Krümmungswiderstand dieses Rades und damit des ganzen Fahrzeugs, da an der Hinterachse keine Reibung stattfindet, ist also:

$$W = \frac{\mathfrak{M}_w}{r} = 0,017283\ Q = 4,32 \text{ kg/t}.$$

Die Reibungskräfte in Qf-Einheiten ausgedrückt sind:

Zusammenstellung 3.

Stützpunkte	$\mathfrak{A}$	A
K [Qf]	0,1408	0,1408
G [Qf]	0,26	1,608
J [Qf]	0,448	—
R [Qf]	0,537	1,62

Die Y-Komponente der Auflagerkraft im Spurkranzdruckpunkt $\mathfrak{A}$ bildet die Richtkraft. Das führende Rad prefst sich so stark gegen seine Schiene an, dafs $\mathfrak{N}_y$ grofs genug wird, um das ganze Fahrzeug gegen alle Widerstände gleitend um den Reibungsmittelpunkt M zu drehen. Sie ergibt sich zu:

$$\mathfrak{N}_y = P = 0,466\ Q$$

steht rechtwinklig zum Gleis und nahezu rechtwinklig zur Fahrzeuglängsachse.

Der Spurkranzdruckpunkt trägt einen Teil der Last des führenden Rades und zwar um so mehr, je gröfser der Anlaufdruck und je flacher der Spurkranz ist. Es ist in unserem Falle:

$$\mathfrak{N}_z + \mathfrak{J} = (0,268 + 0,112)\ Q = 0,38\ Q.$$

Um diesen Betrag ist der Auflagerdruck N kleiner geworden. Es ist: $N + (\mathfrak{N}_z + \mathfrak{J}) = (1,62 + 0,38) = 2\ Q$ (siehe oben).

Auf den Punkt $\mathfrak{A}$ entfallen somit 19 v. H. der Belastung des führenden Rades.

Der Rollkreis erhält vom Rade den Abstand $\Delta R = 0{,}392$ m. Der Radius des Grundkreises wird dabei um dieses Stück verkürzt, so dafs er den Wert $R - \Delta R = 179{,}608$ m annimmt. Statt dessen kann man auch den Rollkreis sich in der

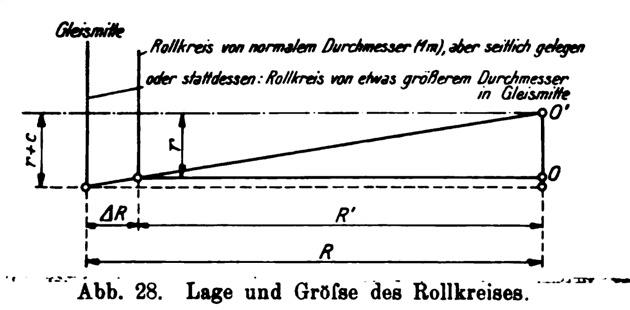


Abb. 28. Lage und Gröfse des Rollkreises.

Radebene denken (Abb. 28), er würde dann den Halbmesser $r + c = 0{,}50109$ m haben und auf einen Grundkreis mit dem Radius R abrollen, der in einer Horizontalebene liegt, die um das Mafs c nach unten verschoben ist.

Ist $v_x = \pi \text{ m sec}^{-1}$ die auf Seite 335 angegebene Bahngeschwindigkeit, dann erhält man für die Winkelgeschwindigkeit der Rollbewegung den Wert:

$$u_y = \frac{\pi}{r + c} = 6{,}28 \text{ sec}^{-1}$$

und für die der Wendebewegung:

$$u_z = u_y \cdot \frac{r + c}{R} = 0{,}0175 \text{ sec}^{-1}.$$

Da c gegen r vernachlässigt wird, sind u_y und u_z hier und weiterhin konstant. Die Seitengeschwindigkeiten, mit der sich die Stützpunkte $\mathfrak{A}$ und A gleitend auf den Schienen bewegen, sind demnach:

$$\mathfrak{v}_x = - a' \frac{R}{r} \cdot u_z = 0{,}0434 \text{ m sec}^{-1}$$

$$\mathfrak{v}_y = R\,\alpha \cdot u_z = 0{,}0786 \text{ m sec}^{-1}$$

$$\mathfrak{v}_z = - b \frac{R}{r} \cdot u_z = 0{,}1382 \text{ m sec}^{-1}$$

$$v_x = c \frac{R}{r} u_z = 0{,}00686 \text{ m sec}^{-1}$$

$$v_y = R\,\alpha\,u_z = 0{,}0786 \text{ m sec}^{-1}$$

Als resultierende Gleitgeschwindigkeit des Stützpunktes $\mathfrak{A}$ erhält man somit:

$$\mathfrak{v} = \sqrt{\mathfrak{v}_x^2 + \mathfrak{v}_y^2 + \mathfrak{v}_z^2} = 0{,}166 \text{ m sec}^{-1}$$

und des Punktes A

$$v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2} = 0{,}079 \text{ m sec}^{-1}.$$

In Abb. 29 sind die in den Auflagerpunkten des führenden Rades wirkenden Kräfte mafsstäblich veranschaulicht.

Wir können jetzt noch leicht die Reibungsleistung bestimmen. Sie ist an den einzelnen Stützpunkten

Reibungsleistung = Reibungskraft × Gleitgeschwindigkeit

also bei $\mathfrak{A}$ 0,02225 Q und A 0,032 Q $\Big\}$ [kg m sec^{-1}]

insgesamt also 0,05425 Q [kg m sec^{-1}].

Der Krümmungswiderstand ergibt sich hieraus, wenn $v_1 = \pi \text{ m sec}^{-1}$ die Bahngeschwindigkeit des Fahrzeugs ist, zu:

$$W = \frac{\text{Reibungsleistung}}{\text{Bahngeschwindigkeit}} = \frac{0{,}05425\,Q}{\pi} = 0{,}01728\,Q = 4{,}32 \text{ kg/t}.$$

Vierrädriger Wagen mit losen Rädern.

Die Verhältnisse werden nur unwesentlich geändert, wenn die Führung des Fahrzeugs statt an einer Mittelschiene an der Aufsenschiene erfolgt, wie dies bei einem zweiachsigen Wagen der Fall ist, bei dem sämtliche Räder sich voneinander unabhängig drehen können. Wir wollen dabei die zwanglose Führung voraussetzen, also nur das Aufsenrad der Vorderachse als führend annehmen. Der Anlaufwinkel α und die Vorverlegung b des Spurkranzdruckpunktes erhalten dann wieder die gleichen Werte wie vorher. Für die Bewegung des anlaufenden Rades können wir auch hier einen Rollkreis angeben; seine Lage wollen wir im folgenden bestimmen. Der Wendung einer Achse wird nach gemachter Voraussetzung kein Widerstand entgegengesetzt. Am Innenrad der Vorderachse kann somit keine gleitende Bewegung in Längsrichtung erfolgen, nur der durch die Seitenverschiebung bedingte Weg erfolgt unter Gleiten, auf ihm tritt die volle Reibung auf,

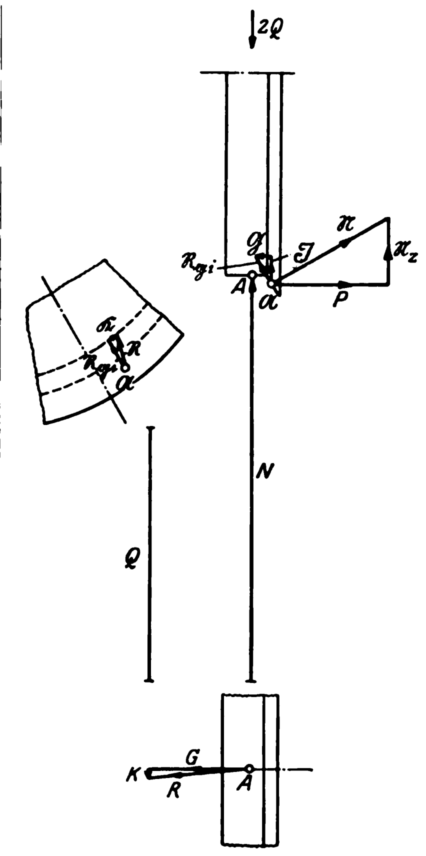


Abb. 29. Dreirädriges Fahrzeug. Lage und Gröfse der Kräfte (mafsstäblich).

nämlich $G' = -0{,}25\,Q$. Die Gleichungen für das Gleichgewicht lauten dann:

1. $\mathfrak{K} + K = 0$
2. $P + \mathfrak{G} + G + G' = 0$
3. $\mathfrak{N}_z + N + N' + \mathfrak{J} - 2\,Q = 0$
4. $\mathfrak{M} - (-\mathfrak{K} + K) \cdot \frac{s}{2} = 0$
5. $(-\mathfrak{N}_z - \mathfrak{J}) \cdot b - \mathfrak{K} \cdot a' + K \cdot c + \mathfrak{M}_w = 0$
6. $(\mathfrak{N}_z + \mathfrak{J} + N)\,s - (P + \mathfrak{G}) \cdot a - Q \cdot s = 0.$

Führt man die zur Bestimmung der Gleitgeschwindigkeiten und Reibungskräfte an den Auflagerpunkten des führenden Rades dienende Rechnung mit $c = 0{,}00242$ m durch, so erhält man Gleichgewicht. Sie ergibt, wenn berücksichtigt wird, dafs die von c unabhängigen Werte wieder die gleichen sind, wie beim vorhergehend behandelten Beispiel, folgende Werte:

Zusammenstellung 4.

Stützpunkte	$\mathfrak{A}$	A
$v_x \frac{dt}{d\varphi}$	$-2{,}016$	0,864
$v \frac{dt}{d\varphi}$	9,35	4,58
sin	$\varepsilon = -0{,}219$	$\xi = 0{,}982$
cos	$\varepsilon = 0{,}976$	$\xi = 0{,}189$
K	$0{,}05475\,\mathfrak{N}$	$-0{,}047$ N
G	$-0{,}122\,\mathfrak{N}$	$-0{,}2455$ N
J	$0{,}211\,\mathfrak{N}$	—

Für die Normaldrücke erhält man:

$$\mathfrak{N} = 0{,}5394\,Q$$

$$N = 0{,}6164\,Q$$

und für $\mathfrak{M}_w = 0{,}00884\,Q$,

damit errechnet sich der Krümmungswiderstand des Fahrzeugs zu:

$$W = 0{,}01705\ Q = 4{,}26\ \text{kg/t}.$$

Die Richtkraft hat den Wert 0,467 Q. Ihr entgegen wirken an den Auflagerpunkten des führenden Rades die Reibungsseitenkräfte $\mathfrak{G}$ und G. Die Differenz aus den drei Kräften ergibt die Kraft, die die Schiene umzulegen versucht, von Uebelacker und Heumann mit Führungsdruck bezeichnet. Sie ist

$$Y = P - \mathfrak{G} - G = 0{,}25\ Q\ \ (\text{also} \doteq Q f).$$

Dieses Ergebnis mufste sich einstellen, da Y gleich dem Gleitwiderstand des anderen Rades, also gleich Qf ist.

Die Lastaufnahme im Spurkranzdruckpunkt wird bei diesem Wagen:

$$\mathfrak{N}_z + \mathfrak{J} = 0{,}2697\ Q + 0{,}114\ Q = 0{,}3837\ Q.$$

Er trägt somit 19,18 v. H. der Achslast.

Der Abstand des Rollkreises vom anlaufenden Rade beträgt 0,865 m, und von Gleismitte $\Delta R = 0{,}115$ m.

Die Seitengeschwindigkeiten der beiden Stützpunkte sind:

$$\mathfrak{v}_x = 0{,}0356\ \text{m sec}^{-1} \qquad v_x = 0{,}0151\ \text{m sec}^{-1}$$
$$\mathfrak{v}_y = 0{,}0786\ \text{m sec}^{-1} \qquad v_y = 0{,}0786\ \text{m sec}^{-1},$$
$$\mathfrak{v}_z = 0{,}1382\ \text{m sec}^{-1}$$

so dafs der Spurkranzdruckpunkt mit einer Geschwindigkeit $\mathfrak{v} = 0{,}164$ m sec^{-1} und der Auflagerpunkt A mit einer solchen von $v = 0{,}08$ m sec^{-1} auf der Schiene gleitet.

Die Reibungsleistung ist an den Stützpunkten:

$$\left.\begin{array}{ll} \mathfrak{A} & 0{,}0221\ \ Q \\ A & 0{,}01235\ Q \\ A' & 0{,}01965\ Q \end{array}\right\}\ [\text{kg m sec}^{-1}].$$

Hieraus errechnet sich der Widerstand bei einer Bahngeschwindigksit des Fahrzeugs von $v_x = \pi$ m sec^{-1} zu:

$$W = \frac{0{,}0541\ Q}{\pi} = 0{,}0172\ Q = 4{,}3\ \text{kg/t}.$$

Vierrädriges Fahrzeug mit hinten losen und vorn festen Rädern.

In dem eben behandelten Falle machten die Vorderräder, abgesehen von dem Einflufs, den der Spurkranz auf das anlaufende Rad ausübt, eine reine Seitenverschiebung. Das ändert sich, sobald sie fest auf der Achse sitzen. Dann treten wegen des Wendens auch Längsgleitungen hinzu. Solange die Hinterräder lose sind, bleibt der Reibungsmittelpunkt, genügendes Spiel im Gleis vorausgesetzt, auf dieser liegen. Die Hinterräder müssen aber, im Gegensatz zu oben, auf den Rahmen jenes Moment ausüben, das die Vorderachse zum Wenden zwingt, die Hinterachse wirkt als »Steuerschwanz«.

Aus den schon auf Seite 340 besprochenen Gründen bleiben die Raddrücke nicht mehr gleich, sobald solche wagrechte Kräfte hinzutreten. Falls man das — theoretisch ganz interessante — Gleichgewicht einer von der Hinterachse gesteuerten Achse bei gleichen Raddrücken untersuchen will, müfste man ein Fahrzeug zugrunde legen, das unendlich kleine Hinterräder hat; dann bleiben alle entscheidenden Kräfte in der Schienenebene.

Sind auch die Hinterräder hoch, so ergibt sich folgende Rechnung. Der Anlaufwinkel α des führenden Rades, die Vorverlegung b des Spurkranzdruckpunktes und die von c unabhängigen Gröfsen erhalten in dieser Stellung des Fahrzeugs dieselben Werte wie bei den vorhergehend behandelten Beispielen (s. S. 342).

Ferner sind die daraus sich entsprechend ergebenden Seitengeschwindigkeiten gleich, sie sind später angeführt. Gleichgewicht erhält man bei c = 1,3 mm; die damit sich errechnenden Werte sind:

Zusammenstellung 5.

Stützpunkte	$\mathfrak{A}$	A	A'
$v_x \frac{dt}{d\varphi}$	— 1,66	1,218	— 0,282
$v \frac{dt}{d\varphi}$	9,31	4,67	4,509
sin	$\varepsilon = 0{,}178$	$\xi = 0{,}965$	$\xi' = 0{,}99807$
cos	$\varepsilon = 0{,}984$	$\xi = 0{,}261$	$\xi = 0{,}06255$
K	$0{,}0445\ \mathfrak{N}$	— 0,065 N	0,0156 N
G	$-0{,}123\ \mathfrak{N}$	— 0,241 N	— 0,2495 N'
J	$0{,}213\ \mathfrak{N}$	—	—

ferner

$$\mathfrak{N} = 0{,}542\ \ Q$$
$$N = 0{,}614\ \ Q$$
$$N' = 0{,}9982\ \ Q$$
$$H = 0{,}0054\ \ Q$$
$$\mathfrak{M}_w = 0{,}00867\ Q.$$

Für den Krümmungswiderstand erhält man damit

$$W = \frac{\mathfrak{M}_w}{r} = 0{,}01736\ Q = 4{,}34\ \text{kg/t}$$

und für die Reibungskräfte:

Zusammenstellung 6.

Stützpunkte	$\mathfrak{A}$	A	A'
K [Qf]	0,0965	0,159	0,0621
G [Qf]	0,2665	0,588	0,996
J [Qf]	0,462	—	—
R [Qf]	0,541	0,613	0,9981

Die Kraft H bewirkt an der Hinterachse eine ungleiche Lastverteilung; es wird der Auflagerdruck

$$N_2 = Q - H \cdot \frac{r}{s} = 0{,}9982\ Q$$

$$\text{und}\ N'_2 = Q + H \cdot \frac{r}{s} = 1{,}0018\ Q.$$

Die Richtkraft ist:

$$P = 0{,}468\ Q.$$

Der Führungsdruck Y hat den gleichen Angriffspunkt und die gleiche Richtung wie P. Fände in den Auflagerpunkten des führenden Rades keine Reibung statt, so würde er den gleichen Wert annehmen wie die Richtkraft. Die in den genannten Punkten auftretende Reibung ist aber einer der Widerstände, der von der Richtkraft zu überwinden ist.

Es ergibt sich für Y

$$Y = P - \mathfrak{G} - G = 0{,}2547\ Q.$$

Die Lastverteilung des führenden Rades auf die beiden Stützpunkte ist wie folgt:

$$N = 0{,}6145\ Q$$
$$\mathfrak{N}_z + \mathfrak{J} = 0{,}3873\ Q.$$

Der Spurkranzdruckpunkt trägt also 19,36 v. H. der Achslast,

der Punkt A . . . . 30,73 v. H.
der Punkt A' . . . . 49,91 v. H.

Der Abstand des Rollkreises von Achsmitte hat den Wert:

$$\Delta R = 0{,}467\ \text{m}.$$

Will ich ihn in Achsmitte angeben, erhält er den Halbmesser $r + c = 0{,}5013$ m und rollt dabei auf einem entsprechenden Grundkreis in einer um $c = 0{,}0013$ m parallel verschobenen Horizontalebene.

Als Seitengeschwindigkeiten der Auflagerpunkte erhält man:

Zusammenstellung 7.

Stützpunkte	$\mathfrak{A}$	A	A'
v_x [m sec⁻¹]	0,02905	0,0213	0,00494
v_y [m cec⁻¹]	0,0786	0,0786	0,0786
v_z [m sec⁻¹]	0,1382	—	—

Sie bewegen sich also mit der Geschwindigkeit

$$\mathfrak{v} = 0{,}163 \ [\text{m sec}^{-1}],$$
$$v = 0{,}0816 \ [\text{m sec}^{-1}],$$
$$v' = 0{,}0804 \ [\text{m sec}^{-1}],$$

gleitend auf den Schienen.

Es ist die Reibungsleistung im Punkt

$$\left.\begin{array}{l}\mathfrak{A}\ 0{,}022\ Q\\ A\ 0{,}0125\ Q\\ A'\ 0{,}02005\ Q\end{array}\right\}\ [\text{kg m sec}^{-1}].$$

Da wir für jedes Fahrzeug die gleiche Bahngeschwindigkeit voraussetzten, so ergibt sich hieraus der Widerstand zu:

$$W = \frac{0{,}05455\ Q}{\pi} = 0{,}0174\ Q = 4{,}35\ \text{kg/t}.$$

Gewöhnlicher zweiachsiger Wagen.

Wir wollen nun zum gewöhnlichen Fall übergehen und einen Güterwagen von 4,5 m Länge untersuchen. Die Abrundung des Schienenkopfes und die Neigung des Spurkranzflansches wollen wir nach den T.V. annehmen und Abweichungen hiervon später erörtern. Analog dem Vorausgegangenen müfsten wir den Fall der zwanglosen Führung untersuchen. Da wir aber die Lage des Reibungsmittelpunktes hier nicht kennen und auch bei den verwickelten Verhältnissen der Spurkranzreibung nicht von vornherein bestimmen können, müssen wir einen mittelbaren Weg einschlagen. Wir gehen von der strengen Führung aus und erweitern allmählich die Spur. Bei einer gewissen Lage des Reibungsmittelpunktes (~ 10 cm hinter der Hinterachse) zeigt sich dann, dafs die Richtkraft an der Hinterachse zu Null geworden, das Fahrzeug also zwanglos geführt ist. Bei strenger Führung liegt der Reibungsmittelpunkt in Fahrzeugmitte.

Für die Bestimmung der in den Berührungspunkten der Hinterachse auftretenden Reibungskräfte ist es nötig, sich über die Bewegung dieser Punkte zunächst Klarheit zu verschaffen.

Es seien $\mathfrak{A}'_2$, A_2 und A'_2 die Stützpunkte auf den Schienen. Die Lage des Spurkranzdruckpunktes $\mathfrak{A}'_2$ ist nach den früher erwähnten Beziehungen zu bestimmen. Man wird leicht einsehen, dafs infolge der Rollbewegung die Gleitwege dieser Punkte entsprechend denen einer aufsen anlaufenden Achse gleich bleiben. Die Wendung und seitliche Verschiebung hingegen bedingen einen Wechsel der Vorzeichen. Die Wege infolge der Wendebewegung sind für die Punkte $\mathfrak{A}'_2$ und A'_2

$$\mathfrak{v}'_{2x} \,.\, dt = v'_{2x} \,.\, dt = -\frac{s}{2} \,.\, d\varphi.$$

und A_2
$$v_{2x} \,.\, dt = \frac{s}{2} \,.\, d\varphi$$

Bei der seitlichen Verschiebung ist der Weg für alle drei Punkte wieder gleich, nur hat er die umgekehrte Richtung, er ist

$$\mathfrak{v}'_{2y} \,.\, \frac{dt}{d\varphi} = v_{2y} \,.\, \frac{dt}{d\varphi} = v'_{2y}\frac{dt}{d\varphi} = -R\, d\varphi \,.\, a_2 = -p_2 \,.\, d\varphi.$$

Die Seitenwege am Spurkranzdruckpunkt $\mathfrak{A}'_2$ sind also:

$$\mathfrak{v}'_{2x}\, dt = \left(-\frac{s}{2} - a'\frac{R}{r}\right) d\varphi$$
$$\mathfrak{v}'_{2y}\, dt = -p_2 \,.\, d\varphi$$
$$\mathfrak{v}'_{2z}\, dt = -b\frac{R}{r} \,.\, d\varphi$$
$$\mathfrak{v}'_{2yz} dt = \mathfrak{v}'_{2z}\sqrt{1+\operatorname{ctg}^2\beta} \,.\, dt = \frac{p_2}{\cos\beta} d\varphi$$

am Auflagerpunkt A_2

$$v_{2x}\, dt = \left(\frac{s}{2} + c\frac{R}{r}\right) d\varphi$$
$$v_{2y}\, dt = -p_2\, d\varphi$$

und A'_2

$$v'_{2x}\, dt = \left(-\frac{s}{2} + c\frac{R}{r}\right) d\varphi$$
$$v'_{2y}\, dt = -p_2\, d\varphi.$$

Sie ergeben als resultierende Gleitwege:

$$\mathfrak{v}'_2\, dt = \sqrt{\left(-\frac{s}{2} - a'\frac{R}{r}\right)^2 + \frac{p_2^2}{\cos^2\beta}}\, d\varphi$$
$$v_2 \,.\, dt = \sqrt{\left(\frac{s}{2} + c\frac{R}{r}\right)^2 + p_2^2}\, d\varphi$$
$$v'_2\, dt = \sqrt{\left(-\frac{s}{2} + c\frac{R}{r}\right)^2 + p_2^2}\, d\varphi.$$

Mit ihrer Hilfe lassen sich wieder die Reibungskräfte nach den drei Richtungen X, Y und Z angeben. Man erhält am Stützpunkt $\mathfrak{A}'_2$

$$\mathfrak{K}'_2 = f \,.\, \mathfrak{N}'_2 \frac{\mathfrak{v}'_{2x}}{\mathfrak{v}'_2} = f \,.\, \mathfrak{N}'_2 \sin\varepsilon'$$
$$\mathfrak{G}'_2 = f \,.\, \mathfrak{N}'_{2z} \frac{\mathfrak{v}'_{2yz}}{\mathfrak{v}'_2} = f \,.\, \mathfrak{N}'_{2z} \,.\, \cos\varepsilon'$$
$$\mathfrak{J}'_2 = f \,.\, \mathfrak{N}'_{2y} \frac{\mathfrak{v}'_{2yz}}{\mathfrak{v}'_2} = f \,.\, \mathfrak{N}'_{2y} \,.\, \cos\varepsilon'$$

am Stützpunkt A_2

$$K_2 = f \,.\, N_2 \frac{v_{2x}}{v_2} = f \,.\, N_2 \cos\xi_2$$
$$G_2 = f \,.\, N_2 \frac{v_{2y}}{v_2} = f \,.\, N_2 \sin\xi_2$$

und A'_2

$$K'_2 = f \,.\, N'_2 \frac{v'_{2x}}{v'_2} = f \,.\, N'_2 \cos\xi'_2$$
$$G'_2 = f \,.\, N'_2 \frac{v'_{2y}}{v'_2} = f \,.\, N'_2 \sin\xi'_2.$$

Zur Bestimmung des Gleichgewichts eines an der Innenschiene führenden Radsatzes nehmen die Gleichungen dann folgende Gestalt an (Abb. 30).

1. $\Sigma X = 0:\ \mathfrak{K}'_2 + K_2 + K'_2 = 0,$
2. $\Sigma Y = 0:\ -P'_2 + \mathfrak{G}'_2 + G_2 + G'_2 + H_2 = 0,$
3. $\Sigma Z = 0:\ \mathfrak{N}'_{2z} + N_2 + N'_2 + J'_2 - 2Q = 0,$
4. $\Sigma \mathfrak{M}_{xy} = 0:\ \mathfrak{M}_2 - (\mathfrak{K}'_2 - K_2 + K'_2) \,.\, \frac{s}{2} = 0,$
5. $\Sigma \mathfrak{M}_{xz} = 0:\ (-N'_{2z} + \mathfrak{J}'_2) \,.\, b'_2 - \mathfrak{K}'_2 \,.\, a' + (K_2 + K'_2) \,.\, c_2 + {} + \mathfrak{M}_{w2} = 0,$
6. $\Sigma \mathfrak{M}_{yz} = 0:\ (-N'_{2z} - \mathfrak{J}'_2 - N'_2) \,.\, s + H \,.\, r + (P'_2 + \mathfrak{G}'_2) \,.\, a + {} + Q \,.\, s = 0.$

In ihnen ist das Vorzeichen der Reibungskräfte wieder so eingeführt, dafs das für die Rechnung einzusetzende Vorzeichen auch hier durch den Richtungssinn der Gleitgeschwindigkeiten bedingt ist.

Die beiden Achsen sind in einem Rahmen gelagert und üben aufeinander Rückwirkungen aus. Der Rahmen kann zwischen beiden Achsen aufser der schon früher eingeführten Querkraft H auch ein Moment $\mathfrak{M}$ und eine Längskraft übertragen. Von letzterer sehen wir ab, da sie zum Gleichgewicht nicht notwendig ist. An beiden Achsen erscheinen dann als Unbekannte:

Vorderachse: $\mathfrak{N}_1 \quad N_1 \quad N'_1 \quad H_1 \quad \mathfrak{M}_1 \quad c_1 \quad \mathfrak{M}_{w1},$

Hinterachse: $\mathfrak{N}'_2 \quad N_2 \quad N'_2 \quad H_2 \quad \mathfrak{M}_2 \quad c_2 \quad \mathfrak{M}_{w2}.$

Als weitere für den Rahmen geltende Bedingungsgleichungen hat man für die Lösung:

1. $H_1 = H_2$,

und 2. $H_1 \,.\, l = (-\mathfrak{K}_1 - K_1 + K'_1 + \mathfrak{K}'_2 - K_2 + K'_2)\,.\,\frac{s}{2}$.

In den aufgestellten Gleichgewichtsbedingungen einer Achse kann man die Normalkräfte in den Stützpunkten durch c und H ausdrücken; Gleichung 5 dient lediglich zur Ermittlung des Krümmungswiderstands, kann somit ausscheiden, so dafs die fünf Gleichungen durch eine mit den unbekannten Werten c und H ersetzt werden können. In unserem Fall würde man so zu zwei Gleichungen mit den Werten c_1 und H_1 für die Vorderachse und c_2 und H_2 für die Hinterachse gelangen. Da im Gleichgewichtsfall $H_1 = H_2$ ist, mufs sich aus ihnen ein Paar zusammengehöriger c-Werte ermitteln lassen, die ein gleiches H ergeben und die Gleichung $H_1 \,.\, l = (-\mathfrak{K}_1 + K'_1 - K_1 + \mathfrak{K}'_2 - K_2 + K'_2)\frac{s}{2}$ erfüllen. Diese Methode der Rechnung würde oft sehr langwierig sein, man gelangt schneller zum Ziel, wenn man die zueinander passenden c- und H-Werte nach folgendem graphischen Verfahren bestimmt.

übrig. Man erhält es, wenn man in der ersten Abbildung das eben gefundene c_1 mit der H_1-Kurve zum Schnitt bringt und von hier aus parallel zur Abszissenachse zur H_2-Kurve geht. Zur Bestimmung der in den Auflagerpunkten wirkenden Normal- und Reibungskräfte hat man jetzt nur noch die Rechnung mit den auf graphischem Wege erhaltenen c- und H-Werten durchzuführen. Sie ist im folgenden für die oben genannte Stellung des Fahrzeugs im Gleis wiedergegeben:

Graphisch erhält man für die Vorderachse $c_1 = 0{,}00138$ m, die Hinterachse $c_2 = 0{,}00097$ m und $H_1 = H_2 = 0{,}0459$ Q. Die von den beiden Gröfsen c_1 und c_2 unabhängigen Werte sind für die Vorder- und Hinterachse entsprechend gleich, da beide Achsen unter dem gleichen Winkel α anlaufen. Es ist

$$\sin \alpha = \alpha = \frac{4{,}5}{360} = 0{,}0125.$$

$$\alpha = 0^0\,43'.$$

Die Vorverlegung der Spurkranzdruckpunkte $\mathfrak{A}_1$ und $\mathfrak{A}'_2$ also $b_1 = b'_2 = 0{,}0125 \frac{0{,}508}{0{,}577} = 0{,}011$ m,

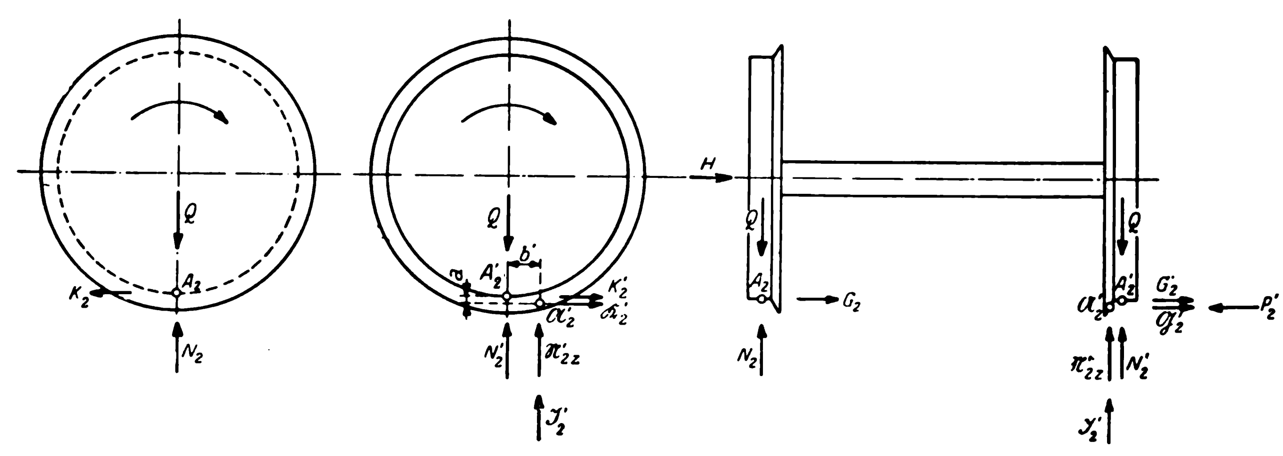


Abb. 30. Sämtliche in die Gleichgewichtsbedingungen eingehenden Kräfte an einer innen verlaufenden Achse.

Aus den Gleichgewichtsbedingungen einer jeden Achse errechnet man für verschiedene c-Werte z. B. c = 0,9; 1,2 und 1,5 mm, da es meist innerhalb dieser Grenzen liegt, das zugehörige H und trägt es wie in Abb. 31 in Abhängigkeit von c auf. In Abb. 32 trägt man in Abhängigkeit von c das Moment $H_1 \,.\, l$ und das sich aus Gleichung 4) für jede Achse ergebende Moment der X-Reibungskomponenten auf. Die beiden Reibungsmomente hat man zu addieren und erhält für den Wagen die resultierende X-Reibungsmomentenkurve. Ihr Schnittpunkt mit der $H_1 \,.\, l$-Kurve liefert das für Gleichgewicht richtige c der Vorderachse, da in diesem Punkt die Bedingung:

$$H_1 \,.\, l = (-\mathfrak{K}_1 - K_1 + K'_1 + \mathfrak{K}'_2 - K_2 + K'_2)\,.\,\frac{s}{2}$$

erfüllt wird. Es bleibt noch c_2 für die Hinterachse anzugeben

ferner

$$\mathfrak{v}_{1z}\frac{dt}{d\varphi} = \mathfrak{v}'_{2z}\frac{dt}{d\varphi} = -\,b\,\frac{R}{r} = -\,3{,}96$$

$$\mathfrak{v}_{1yz}\frac{dt}{d\varphi} = \mathfrak{v}'_{2yz}\frac{dt}{d\varphi} = \frac{p}{\cos\beta} = 4{,}50$$

$$\mathfrak{v}_{1y}\frac{dt}{d\varphi} = \mathfrak{v}'_{2y}\frac{dt}{d\varphi} = p = 2{,}25$$

Die wie bei den früheren Beispielen in einer Tabelle angegebenen mit c veränderlichen Werte sind für die Vorder- und Hinterachse aus Zusammenstellung 8 zu ersehen:

Durch Auflösen der Gleichgewichtsbedingungen für die Vorder- und für die Hinterachse findet man:

$\mathfrak{N}_1 = 0{,}568$ Q $\qquad \mathfrak{N}'_2 = 0{,}557$ Q

$N_1 = 0{,}617$ Q $\qquad N'_2 = 0{,}637$ Q

$N'_1 = 0{,}984$ Q $\qquad N_2 = 0{,}986$ Q

$\mathfrak{M}_{w1} = 0{,}004\,794$ Q $\qquad \mathfrak{M}_{w2} = 0{,}009\,486$ Q.

Zusammenstellung 8.

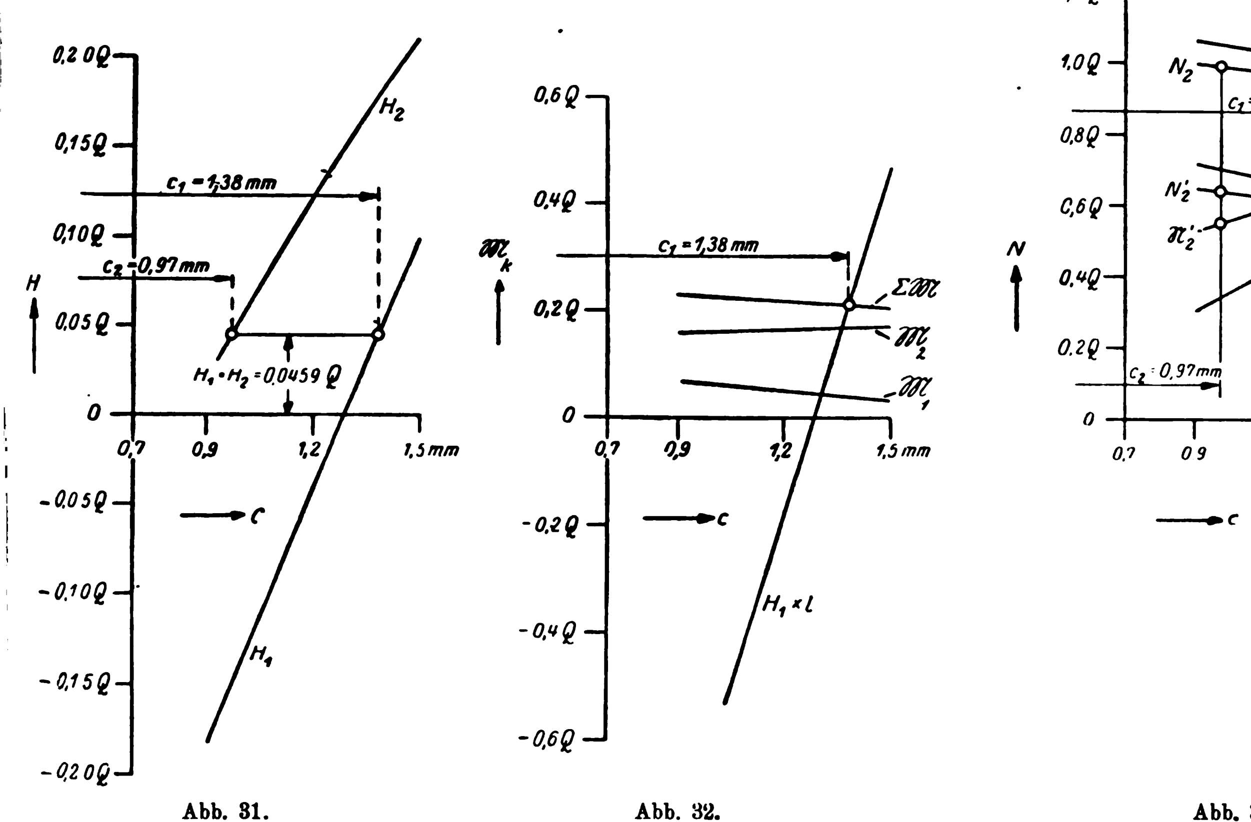
Stützpunkte	$\mathfrak{A}_1$	A_1	A'_1	$\mathfrak{A}'_2$	A_2	A'_2
$v_x \frac{dt}{d\varphi}$	$-1{,}63$	1,246	$-0{,}254$	$-3{,}29$	1,1	$-0{,}4$
$v \frac{dt}{d\varphi}$	4,83	2,57	2,268	5,63	2,5	2,285
sin	$\varepsilon_1 = -0{,}336$	$\xi_1 = 0{,}875$	$\xi'_1 = 0{,}994$	$\varepsilon'_2 = -0{,}581$	$\xi_2 = 0{,}899$	$\xi'_2 = 0{,}985$
cos	$\varepsilon_1 = 0{,}942$	$\xi_1 = 0{,}484$	$\xi'_1 = -0{,}112$	$\varepsilon'_2 = 0{,}813$	$\xi_2 = 0{,}439$	$\xi_2 = -0{,}175$
K	$0{,}084\,\mathfrak{N}_1$	$-0{,}121\,N_1$	$0{,}028\,N'_1$	$0{,}145\,\mathfrak{N}'_2$	$-0{,}1097\,N_2$	$0{,}044\,N'_2$
G	$-0{,}118\,\mathfrak{N}_1$	$-0{,}219\,N_1$	$-0{,}2485\,N'_1$	$0{,}102\,\mathfrak{N}'_2$	$-0{,}2247\,N_2$	$0{,}246\,N'_2$
J	$0{,}204\,\mathfrak{N}_1$	—	—	$0{,}176\,\mathfrak{N}'_2$	—	—

Zu den Normaldrücken in den Auflagerpunkten kann man auch auf graphischem Wege gelangen, wenn man in Abhängigkeit von c die bei der voraufgegangenen Rechnung zur Bestimmung der Gröfsen c_1 und c_2 für Gleichgewicht ermittelten Werte für $\mathfrak{N}_1$, N_1, usw. aufträgt und die entsprechenden Kurven dann mit den in Abb. 31 erhaltenen c-Werten zum Schnitt bringt (Abb. 33).

$$\mathfrak{N}_{1z} + \mathfrak{J}_1 = 0{,}284\,Q + 0{,}116\,Q = 0{,}4\,Q$$
$$N_1 = 0{,}616\,Q$$
$$N'_1 = 0{,}984\,Q$$

und die der Hinterachse:

$$\mathfrak{N}'_{2z} + \mathfrak{J}'_2 = 0{,}279\,Q + 0{,}098\,Q = 0{,}377\,Q$$
$$N_2 = 0{,}985\,Q$$
$$N'_2 = 0{,}638\,Q.$$



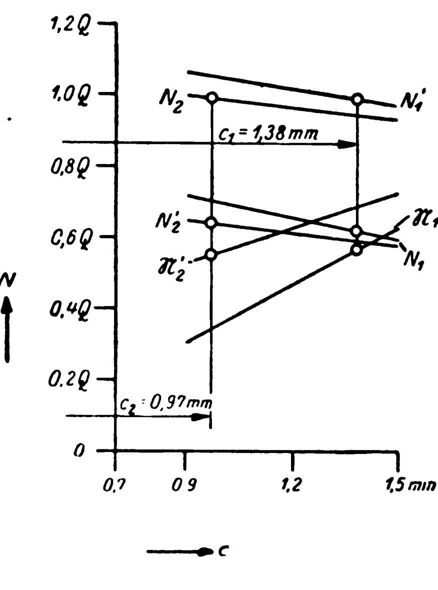


Abb. 31. Abb. 32.
Graphische Ermittlung der zusammengehörigen Werte von c_1, c_2 und H.

Abb. 33.
Graphische Ermittlung der Normalkräfte.

Am Krümmungswiderstand hat jeder Radsatz seinen Anteil. Er ist von der Vorderachse:

$$W_1 = \frac{\mathfrak{M}_{w1}}{r} = 0{,}009\,588\,Q = 2{,}397 \text{ kg/t}$$

von der Hinterachse

$$W_2 = \frac{\mathfrak{M}_{w2}}{r} = 0{,}009\,486\,Q = 2{,}3715 \text{ kg/t},$$

so dafs man als Gesamtwiderstand $W = 0{,}019\,074\,Q = 4{,}7685$ kg/t erhält.

Die beiden Richtkräfte P_1 und P'_2, die das Fahrzeug gegen alle Widerstände gleitend um den Reibungsmittelpunkt M drehen, liegen etwas unterhalb der Schienenkopfebene und greifen in den Spurkranzdruckpunkten $\mathfrak{A}_1$ und $\mathfrak{A}'_2$ an. Ihre Richtung ist wie früher rechtwinklig zum Gleis und um den Anlaufwinkel α einer jeden Achse von der Senkrechten auf die Fahrzeuglängsachse abweichend. Es ist:

$$P_1 = 0{,}491\,Q$$
$$\text{und } P'_2 = 0{,}483\,Q.$$

Damit werden die Führungsdrücke, die tatsächlich vom Fahrzeug auf die Schiene wirkenden Kräfte:

$$Y_1 = 0{,}2835\,Q$$
$$Y'_2 = 0{,}2687\,Q.$$

Die Gröfse der Richtkraft bedingt bereits eine bestimmte Aufnahme der Belastung des anlaufenden Rades durch den Spurkranzdruckpunkt. In unserem Fall verteilt sich die Last der Vorderachse wie folgt auf ihre Stützpunkte:

Es trägt also der Spurkranzdruckpunkt $\mathfrak{A}_1$ 20,0 v. H. der Achslast
der Auflagerpunkt A_1 30,8 v. H.
und Punkt A'_1 49,2 v. H.

und an der Hinterachse entsprechend:

Punkt $\mathfrak{A}'_2$ 18,9 v. H.
Punkt A_2 49,2 v. H.
und Punkt A'_2 31,9 v. H.

Die in den Stützpunkten beider Achsen auftretenden Reibungskräfte sind ebenso wie die Gleitgeschwindigkeiten dieser Punkte aus Zusammenstellung 9 auf Seite 348 zu entnehmen.

Aus den Reibungskräften und Gleitgeschwindigkeiten die Reibungsleistung in den einzelnen Stützpunkten errechnet, ergibt für den Punkt

$$\left.\begin{array}{ll} \mathfrak{A}_1 & 0{,}012\;\;Q \\ A_1 & 0{,}00697\,Q \\ A'_1 & 0{,}00976\,Q \\ \mathfrak{A}'_2 & 0{,}0137\;\;Q \\ A_2 & 0{,}0108\;\;Q \\ A'_2 & 0{,}00642\,Q \end{array}\right\} [\text{kgm sec}^{-1}]$$

und als Gesamtreibungsleistung $0{,}05965\,Q$ kgm sec^{-1}.

Hieraus ergibt sich wie früher der Widerstand zu:

$$W = \frac{0{,}05965\,Q}{\pi} = 0{,}01904\,Q = 4{,}76 \text{ kg/t}.$$

Der Rollkreisabstand von Achsmitte ist an der Vorderachse

$$\Delta R_1 = 0{,}497 \text{ m}$$

Zusammenstellung 9.

Stützpunkte		𝔄₁	A₁	A'₁	𝔄'₂	A₂	A'₂
K [Q f]		0,191	— 0,298	0,11	0,323	— 0,432	0,112
G [Q f]		— 0,267	— 0,54	— 0,975	0,227	0,884	0,626
J [Q f]		0,462	—	—	0,392	—	—
R [Q f]		0,568	0,617	0,985	0,557	0,985	0,637
v_x	[m sec — 1]	0,0285	0,0218	0,00444	0,0576	0,01925	0,00707
v_y	[m sec — 1]	0,0394	0,0394	0,0394	0,0394	0,0394	0,0394
v_z	[m sec — 1]	0,0693	—	—	0,0693	—	—
v	[m sec — 1]	0,0845	0,0453	0,0397	0,0985	0,04375	0,0404

und an der Hinterachse

$$\Delta R_2 = 0{,}349 \text{ m}.$$

Diese Lage gibt Abb 34 wieder.

Die Abb. 35 stellt die in den Auflagerpunkten der Vorderachse wirkenden Kräfte dar, ein ähnliches Bild würde sich für die Hinterachse ergeben also nichts Neues bieten.

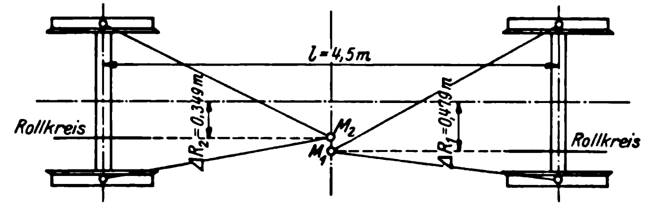


Abb. 34. Lage des Rollkreises bzw. Reibungsmittelpunktes an der vorderen und hinteren Achse.

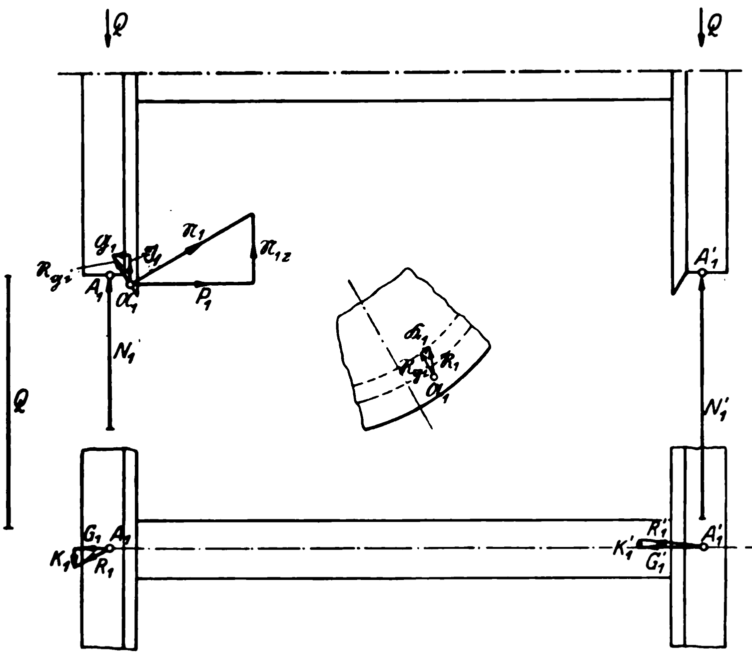


Abb. 35. Lage und Gröfse der Kräfte an der vorderen Achse (mafsstäblich).

von 0,491 Q auf 0,548 Q, mit ihr auch der Führungsdruck, seine Vergröfserung beträgt 16,95 v. H. Der Kurvenwiderstand zwischen den beiden Grenzlagen steigt von 4,77 kg/t auf 5,09 kg t, das bedeutet eine Zunahme um 6,75 v. H. Praktisch liegt die Wahl zwischen Normalspur (11 mm Spiel) und der üblichen Spurerweiterung (11 + 28 = 39 mm Spiel). Zwischen diesen ist der Unterschied beim Krümmungswiderstand allerdings nicht mehr erheblich, nämlich nur 2,2 v. H. Es ist aber zu beachten, dafs

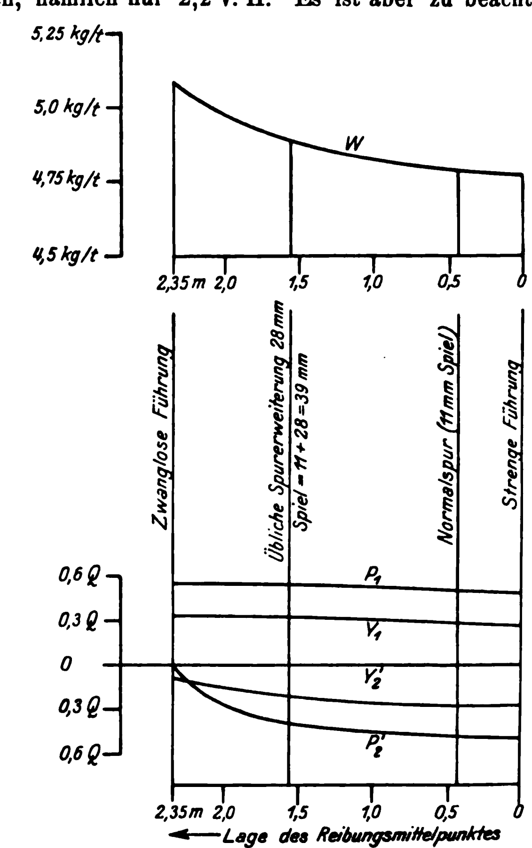


Abb. 36. Zunahme des Krümmungswiderstandes und des vorderen Führungsdruckes mit Erweiterung der Spur (R = 180 m).

der Unterschied im Führungsdruck noch immer 10,2 v. H. beträgt, und dementsprechend die Abnutzung in höherem Mafse die Aufsenschiene belastet.

Wir erkennen also bei Vergröfserung der Spurweite ein Ungünstigerwerden der Verhältnisse hinsichtlich der Abnutzung von Spurkranz und Schienenkopf und eine Zunahme des Krümmungswiderstandes.

Wenden wir uns nunmehr dem Fall zu, wo die Gleiskurve Spiel hat. Bei bekannter Lage des Reibungsmittelpunktes kann man bei Ermittlung der gesuchten Gröfsen in gleicher Weise vorgehen wie bei strenger Führung. Die zwanglose Führung ergibt sich als Grenzfall.

In Abb. 36 sind in Abhängigkeit von der Lage des Reibungsmittelpunktes zwischen strenger und zwangloser Führung des Wagens die beiden Richtkräfte, Führungsdrücke und der Krümmungswiderstand aufgetragen. Die Richtkraft der Hinterachse nimmt immer mehr ab und erreicht im Fall der zwanglosen Führung den Wert Null. An der Vorderachse steigt sie

Schlufsfolgerung.

Es ist im Vorstehenden streng bewiesen, dafs ein 4,5 m langes Fahrzeug bei neuen Rädern und Schienen in einem

180er Bogen in Normalspur mit weniger Widerstand läuft als bei Spurerweiterung. Um zu erkennen, ob die Abschaffung der Spurerweiterung allgemein vorteilhaft ist, müfste man sehr viele Fahrzeuge unter verschiedenen Bedingungen untersuchen. Man kann aber doch ziemlich sichere Schlüsse aus dem obigen Ergebnis ziehen. Es ist nach dem ganzen Rechnungsgang deutlich, dafs sich die Verhältnisse bei anderen Fahrzeugen nicht grundsätzlich ändern. Möglich wäre allerdings, dafs das Hinzutreten starker Zugkräfte in der Kupplung eine Änderung herbeiführt. Bei starker Spurerweiterung und entsprechender Spiefsgangstellung des Wagens greift die Kupplung unter einem gewissen Winkel an, was auf den Wagen ein Moment in dem Sinne ausübt, dafs die führende Achse von der Schiene abgezogen wird. Dies ist ein Umstand, den schon Frank in seiner Widerstandsformel berücksichtigt hat. Auch bei einem streng geführten Wagen wird nun freilich das anlaufende Rad von der ziehenden Kupplung entlastet, aber möglicherweise in geringerem Mafse. Es wäre deshalb nicht ganz unmöglich, dafs in dem vorderen Teil stark gezogener Züge der Widerstand bei Spurerweiterung etwas geringer ist. Die ganze Wagenreihe stellt sich dann gewissermafsen so ein, dafs die ziehende Lokomotive die Drehgleitbewegung der Wagen zu einem gewissen Teil mit den Kupplungen vollzieht, ohne entsprechende Zuhilfenahme der Schienenführung. Es erscheint aber nicht sehr wahrscheinlich, dafs dadurch im Durchschnitt ein Überschufs zugunsten der Spurerweiterung bleibt.

Mindestens ist durch die vorstehenden Betrachtungen bewiesen, dafs es im allgemeinen durchaus unschädlich und jedenfalls ungefährlich ist, mit Wagen in einem Gleis ohne Spurerweiterung zu fahren.

Es mufs aber ausdrücklich gesagt werden, dafs damit für gröfsere Lokomotiven noch nichts bewiesen ist. Es ist zwar anzunehmen, dafs auch von ihnen viele besser durch einen Bogen ohne Spurerweiterung gehen. Aber da die Verhältnisse schon beim zweiachsigen Wagen nicht leicht zu übersehen sind, kann man sich eine Vorstellung machen, wie schwierig sie bei vielrädrigen Fahrzeugen liegen. Jedenfalls können Schritte zur Verringerung der Spurerweiterung nur dann mit Aussicht auf Erfolg gemacht werden, wenn man die in Betracht kommenden Fahrzeuge genau berechnet hat. Andernfalls ist es möglich, dafs die Verringerung einmal günstig, ein andermal ungünstig wirkt, und dafs im Ganzen ein unklares und zweifelhaftes Bild entsteht.

Es ist von Interesse, die Untersuchungen noch in gewissen Richtungen fortzusetzen. Zunächst ist nach denselben Methoden ein zweiachsiger Wagen mit sehr scharf gelaufenen Spurkränzen nach Abb. 37 berechnet worden. Er ergibt einen Krümmungswiderstand von einem streng geführten Fahrzeug in einer Kurve mit 180 m Halbmesser von 10,04 kg/t. Eine bedeutende Zunahme durch die Spurkranzreibung macht sich bereits bemerkbar; denn infolge des steilen Flansches ist die Vorverlegung des Spurkranzdruckpunktes sehr grofs geworden und mit ihr auch das Widerstandsmoment $\mathfrak{M}_w$ einer führenden Achse.

Ferner ist die Einpunktberührung untersucht worden, die bekanntlich Heumann und Uebelacker ihren Untersuchungen zugrunde gelegt haben. Sie kann eintreten bei entsprechend scharfer Ausrundung des Schienenkopfes und schwacher Ausrundung der Hohlkehle des Rades. Sie ist durch allmähliches Verändern der Flanschneigung als Grenzfall ermittelt worden und gibt bei strenger Führung einen Widerstand von 3,52 kg/t. Das ist angenähert der Widerstand, der sich aus der Rechnung mit Druckrollenführung ergibt, da die Bewegung des Spurkranzdruckpunktes auf einer sich stark der horizontalen Ebene nähernden Fläche erfolgt. Für Druckrollenführung ist er 3,27 kg/t.

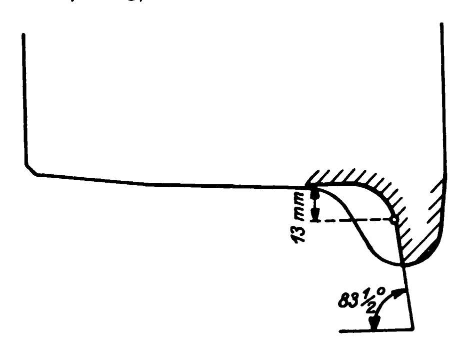


Abb. 37. Stark ausgelaufener Spurkranz.

Der Verfasser ist sich wohl bewufst, dafs die vorstehenden Untersuchungen noch einer gewissen wissenschaftlichen Abrundung entbehren. Er hält es aber für geraten, sie doch schon der Öffentlichkeit zu übergeben, weil der Stoff zur Zeit grofse Bedeutung hat. Manche Zwischenbeweise mufsten ausgelassen werden. Eine vollständige Darstellung der Kurvenbewegung läfst sich nur im Rahmen eines Lehrbuches geben. Es wäre zu wünschen, dafs sich bald jemand für diese Aufgabe findet; ohne Mitwirkung eines Mechanikers vom Fach wird sie allerdings kaum zu lösen sein. Mir scheinen namentlich die Betrachtungen über die Freiheitsgrade der Achse noch einer Ergänzung bedürftig.

Die in der Arbeit enthaltenen Berechnungen sind mehrfach und unabhängig voneinander durchgeführt, so dafs ihre Richtigkeit in allem Wesentlichen verbürgt ist. Den Herren Dipl.-Ing. Haas und Becker, die sich dieser Arbeit unterzogen haben, sei auch an dieser Stelle der gebührende Dank ausgesprochen.

Literaturzusammenstellung zu dem Gedenkwort für Richard von Helmholtz.

1) Gaiser, Die Crampton-Lokomotive, S. 29.
2) Organ 1885, S. 30.
3) Lotter, Handbuch zum Entwerfen regelspuriger Dampflokomotiven, S. 213, Abb. 96.
4) Organ 1897, S. 91, Taf. 11, 12.
5) Organ, X. Erg.-Band, S. 34; Organ 1896, S. 112, 138.
6) Z. d. V. d. I. 1888, S. 330, 353; Organ 1888, S. 206.
7) Organ 1897, S. 203.
8) Organ 1889, S. 16.
9) Organ 1896, S. 252.
10) Organ 1901, S. 30.
11) Organ 1922, S. 14, 214; 1925, S. 74; 1926, S. 328.
12) Organ 1899, S. 1.
13) Die Lokomotive 1906, S. 110.
14) Heusinger, 1. Aufl., Taf. 39, Abb. 10.
15) Organ 1925, S. 523.
16) Z. d. V. d. I. 1906, S. 1180.
17) Igel, Handbuch, S. 578.
18) Z. d. V. d. I. 1911, S. 1015; Die Lokomotive 1921, S. 77.

Untersuchungen über den Kurvenwiderstand von Eisenbahnfahrzeugen*).

Von Dr. Ing. M. Louis.

Hierzu Tafel 36 und 37.

Einleitung.

Die Versuche, den Widerstand von Eisenbahnfahrzeugen in der Kurve rechnerisch zu bestimmen, sind fast ebenso alt wie die Eisenbahn selbst. Die bisherigen theoretischen Ergebnisse sind aber entweder zu verwickelt, als dafs sie für die Praxis Bedeutung gewinnen könnten, oder sie fufsen auf so groben und oft gänzlich unzutreffenden Annahmen, dafs sie unbrauchbar sind. Sie weichen auch infolgedessen untereinander so erheblich ab, dafs sie nicht das nötige Vertrauen für den praktischen Gebrauch finden konnten. Daher hat sich bis heute die Röcklsche Formel in der Form $w = \frac{650}{R - 55}$ erhalten können. Diese Formel ist aufgestellt auf Grund von Versuchsergebnissen mit Wagen von 3 m Radstand. Sie ist daher auch nur für solche und auch nur für die sonstigen bei den Versuchen vorhandenen Verhältnisse, die den Kurvenwiderstand beeinflussen, richtig. Sie berücksichtigt von allen Faktoren, die für den Kurvenwiderstand in Frage kommen, nur den Krümmungsradius R, bezüglich der sonstigen Faktoren, wie vor allem Radstand, Spurweite, Reibungskoeffizient zwischen Rad und Schiene, Spielraum im Gleis, Form von Schiene und Radreifen usw., tappt man mit ihr vollständig im ungewissen. Es ist nun der Zweck der vorliegenden Untersuchung, den Kurvenwiderstand auf Grund der tatsächlich auftretenden mechanischen Vorgänge für den theoretischen Fall des Beharrungsstandes und stofsfreien Kurvenlaufs festzustellen, desgleichen die Gröfse des Einflusses der verschiedenen in Betracht kommenden Faktoren. Sodann ist der Widerstand an einer gröfseren Zahl von Fahrzeugen (Wagen und Lokomotiven) zahlenmäfsig für verschiedene Kurvenradien errechnet und in Schaulinien dargestellt. Ferner ist dann noch untersucht, ob und inwieweit die Ergebnisse durch eine Formel ausgedrückt werden können, bzw. ob die Aufstellung einer verallgemeinerten Gleichung für den Kurvenwiderstand möglich ist.

Der Kurvenwiderstand eines führenden Rades.

Die Kurvenläufigkeit kommt dadurch zustande, dafs die führenden Räder im Geradeauslauf an der Schiene um ein gewisses Mafs hochsteigen. Hierbei geht der Stützpunkt der anlaufenden Räder von der Lauffläche auf die Hohlkehle über. Ist die Neigung α der Tangente im Berührungspunkte (Textabb. 1) grofs genug geworden, so gleitet das Rad infolge des Raddruckes Q an der Schiene ab und dreht dadurch das Fahrzeug wieder in die Kurve hinein. Die hierbei geleistete Arbeit des führenden Rades dient zur Deckung der am Fahrzeug auftretenden Reibungswiderstände zwischen den Rädern und der Schiene. Die Bewegung eines Radsatzes in der Kurve setzt sich zusammen aus einer Rollbewegung in Fahrzeuglängsachse und einer Gleitbewegung um einen Punkt M, dem »Reibungsmittelpunkt« (Textbb. 2). Diese Verhältnisse, insbesondere die zur Festlegung des »Reibungsmittelpunktes« führenden Zusammenhänge, sind zuerst von Uebelacker dargelegt worden im »Organ für die Fortschritte des Eisenbahnwesens«, Beilage 1903. Die hierbei an den Rädern auftretenden Reibungskräfte sind $N \cdot \mu$, wenn N den Normaldruck, μ den Reibungskoeffizient bedeutet; μ wird für alle Räder im folgenden stets gleich grofs angenommen. Von der konischen Form der Radreifen wird nun wie überhaupt bei allen späteren Untersuchungen abgesehen, da sie doch schon nach kurzer Betriebszeit nicht mehr vorhanden ist. Es ist dann bei nicht anlaufenden Rädern $N = Q$, wenn Q die Radlast bedeutet. Bei einem anlaufenden Rad ist N die Resultierende aus Radlast Q, Schienendruck Y, wobei unter Y die wagrechte Kraft in Richtung der Achse verstanden ist, mit der das Rad gegen die Schiene gedrückt wird, und der Reibungskraft $N \cdot \mu$. An Stelle der Reibungskräfte wird im folgenden stets mit ihren Komponenten in Richtung der Fahrzeuglängsachse und in dazu senkrechter Richtung gerechnet. Mit den Bezeichnungen der Textabb. 2 sind dann am inneren Vorderrad die Reibungskräfte $Q_1 \mu \cos \beta_1$ und $Q_1 \mu \sin \beta_1$, wenn der Index die Achse bezeichnet, von vorne gezählt. Bezüglich der Vorzeichen wird die Festsetzung getroffen, dafs der Koordinatenmittelpunkt in Mitte der Radachse liegt, und zwar gelten alle Kräfte und Strecken in Fahrtrichtung und radial nach aufsen als positiv, desgleichen Momente im Uhrzeigerdrehsinn. Ein Vorzeichen für β braucht nicht eingeführt zu werden, wenn ein für allemal festgestellt wird, dafs die Komponenten $Q\mu \cos \beta$ für die beiden Räder einer Achse gleichgerichtet, die Komponenten $Q\mu \sin \beta$ stets entgegengerichtet sind und ein negatives Moment bilden. Am anlaufenden Rad findet das Gleiten in einer unter dem Winkel α geneigten Ebene statt. Die Reibungskraft ist $N \cdot \mu$. Ihre Richtung schliefst, da sie um β_1' von der Achsrichtung abweicht, mit der Horizontalen einen Winkel ein, der etwas von α abweicht. Die horizontale Komponente der Reibungskraft in Richtung der Fahrzeuglängsachse kann genügend genau gleich $Q\mu \sin \beta_1'$ gesetzt werden, was ebenfalls in der bereits angezogenen Abhandlung von Uebelacker näher dargelegt ist. Das Gleichgewicht der Kräfte in Fahrtrichtung ist allgemein:

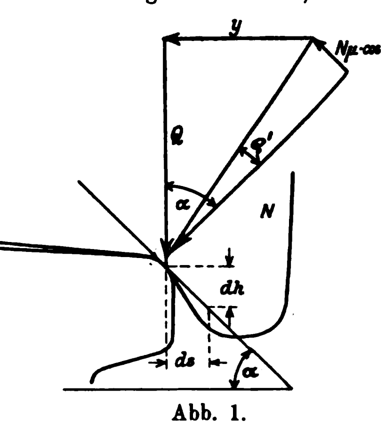


Abb. 1.

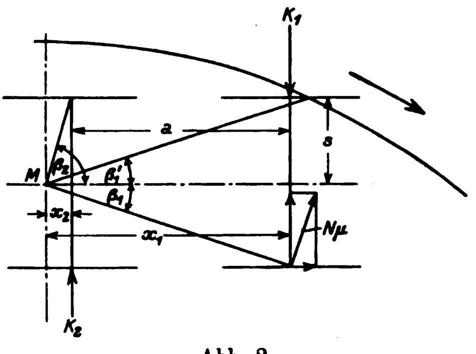


Abb. 2.

$$Q\mu \sin \beta - Q\mu \sin \beta' \pm Z = 0.$$

$+Z$ gilt für ungebremste Laufachsen und stellt den Lauf- und Kurvenwiderstand dar. Es ist aber so klein gegen die Reibungskräfte, dafs es ~ 0 gesetzt werden kann. Das bedeutet aber $\sin \beta' = \sin \beta$, oder M liegt auf der Radsatzmittellinie. Das gilt auch für anlaufende Achsen, da der Spurkranzübergriff

*) Der Aufsatz ging uns schon vor längerer Zeit zu, konnte jedoch wegen Raummangels erst jetzt Aufnahme finden.

(siehe Textabb. 2) ebenfalls vernachlässigt werden kann. Anders dagegen ist der Sachverhalt bei einer Triebachse, die einen Zug $-Z$ aufnehmen mufs. Hierbei ist die Verschiebung aus Radsatzmitte zu berücksichtigen. Die unter Vermittlung des Rahmens auf das anlaufende Rad drückenden Reibungskräfte rufen den Schienendruck

$$Y = Q \operatorname{tg}(\alpha - \varrho') \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad \text{Gl. 1)}$$

hervor (vergl. Textbb. 1), wobei $\operatorname{tg}\varrho' = \operatorname{tg}\varrho \cos\beta = \mu \cos\beta$ ist. Beim Durchlaufen der Kurve mufs aufser dem Schienendruck Y auch noch die in der Richtung von Y liegende Reibungskraftkomponente $Q\mu\cos\beta$ des anlaufenden Rades überwunden werden. Die Gesamtkraft $Y + Q\mu\cos\beta$ wird von der im folgenden als »Richtkraft« bezeichneten Kraft K überwunden. In Einheiten $Q\mu$ ausgedrückt (entsprechend den Reibungskräften) ergibt sich dann

$$Y + Q\mu\cos\beta = -K = -m\,Q\mu$$

oder

$$Y + Q\operatorname{tg}\varrho\cos\beta = -m\,Q\operatorname{tg}\varrho \quad . \quad . \quad . \quad \text{Gl. 2)}$$

Aus Gl. 1 und 2 folgt dann

$$Q\operatorname{tg}(\alpha - \varrho') = -m\,Q\operatorname{tg}\varrho - Q\operatorname{tg}\varrho\cos\beta$$

oder

$$\operatorname{tg}(\alpha - \varrho') = -\operatorname{tg}\varrho\,.\,(m + \cos\beta),$$

hieraus

$$\operatorname{tg}\alpha = \operatorname{tg}\varrho \frac{-m}{1 + \operatorname{tg}^2\varrho\,(m + \cos\beta)\cos\beta} \quad . \quad \text{Gl. 3)}$$

Durchläuft ein Fahrzeug ein Bogenelement $d\varphi$, so wird hierbei das anlaufende Rad durch die Widerstandskraft W um dh gehoben. Die geleistete Arbeit ist $Q\,.\,dh = WR\,.\,d\varphi$. Hierauf erfolgt Abgleiten von Q um dh. Die geleistete Arbeit ist (mit den Bezeichnungen der Textabb. 1 und 2) $Q\,.\,dh = Q\,.\,ds\,.\operatorname{tg}\alpha = Q\,.\operatorname{tg}\alpha\,.\,(-x)\,.\,d\varphi$, wenn $(-x)$ den Abstand der Achse vom Reibungsmittelpunkte bezeichnet. Es wird x negativ genommen, damit Q bei dem als positiv angenommen Y eine positive Arbeit leistet, d. h. eine Drehung des Fahrzeugs im Sinne der Kurve. Also ist

$$W\,.\,R\,.\,d\varphi = Q\,.\operatorname{tg}\alpha\,(-x)\,d\varphi$$

oder

$$W = \frac{Q\operatorname{tg}\alpha\,(-x)}{R} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad \text{Gl. 4)}$$

und $\operatorname{tg}\alpha$ aus Gl. 3) eingesetzt:

$$W = \frac{Q\operatorname{tg}\varrho}{R} x \frac{m}{1 + \operatorname{tg}^2\varrho\,(m + \cos\beta)\cos\beta} \quad . \quad \text{Gl. 5)}$$

Wird das Fahrzeuggewicht $G = zQ$ gesetzt, so folgt als spezifischer Widerstand

$$w = \frac{1000\operatorname{tg}\varrho}{zR} x \frac{m}{1 + \operatorname{tg}^2\varrho\,(m + \cos\beta)\cos\beta} \text{kg/t} \quad \text{Gl. 6)}$$

Laufen n Räder eines Fahrzeugs an, so ist natürlich $w = w_1 + w_2 + \ldots + w_n$. Es bleibt also nur noch übrig, x und m zu bestimmen.

Richtkraft und Reibungsmittelpunkt.

Als einfachstes Beispiel sei ein zweiachsiges Fahrzeug nach Textabb. 2 angenommen, dessen Achsen steif und unverschieblich im Rahmen gelagert sind. In der Kurve treten die bereits besprochenen Reibungskräfte auf, aufserdem werde das Fahrzeug vorne und hinten durch die Schiene geführt; es treten also noch zwei Schienendrucke Y_1 und Y_2 auf. Die Schienendrucke stellen die Gesamtwirkung aller Reibungskräfte dar, die vermittels des Rahmens die anlaufenden Räder gegen die Schiene drücken. Ausgenommen sind also hiervon nur die Reibungskomponenten der anlaufenden Räder in Richtung der Achse, die von der Radlast Q direkt überwunden werden. Die Kraft Y_1 ergibt sich aus der Momentengleichung für den Rahmen um den Mittelpunkt der zweiten Achse zu:

$$-Y_1 a = -Q_1\mu\cos\beta_1 a - 2s\,(Q_1\sin\beta_1 + Q_2\sin\beta_2)\,.\,\mu.$$

Wird auf beiden Seiten $-Q_1\mu\cos\beta_1 a$ addiert und $-(Y_1 + Q_1\mu\cos\beta_1) = m_1 Q_1\mu$ (nach Gl. 2) eingeführt, so ergibt sich die einfache Form:

$$m_1 Q_1\mu a = -2\,Q_1\mu\cos\beta_1 a - 2s\,(Q_1\mu\sin\beta_1 + Q_2\mu\sin\beta_2)$$

oder

$$m_1 = -2\cos\beta_1 - 2\frac{s}{a}(\sin\beta_1 + \frac{Q_2}{Q_1}\,.\sin\beta_2)\,. \quad . \quad \text{Gl. 7)}$$

ebenso folgt

$$m_2 = -2\cos\beta_2 + 2\frac{s}{a}(\sin\beta_2 + \frac{Q_1}{Q_2}\,.\sin\beta_1) \quad . \quad \text{Gl. 7a)}.$$

Durch Addition von Gl. 7) und 7a) folgt, wenn $Q_1 = Q_2$ ist,

$$m_2 + m_1 + 2\,.\cos\beta_2 + 2\,.\cos\beta_1 = 0 \quad . \quad . \quad \text{Gl. 8)}.$$

Die Lage von M und damit die Gröfse der Winkelfunktionen sind nun meist gegeben durch die Gleisverhältnisse. Die Gröfse x_1 ist von dem Spiel der Radsätze im Gleis abhängig. Ist das Spiel $\sigma = 0$, so mufs sich das Fahrzeug (womit stets die Verbindungslinie der Radsatzmitten verstanden ist) als Sehne in die Kurve legen, d. h. es ist $-x_1 = \frac{a}{2}$. Ist ein gewisses Spiel σ vorhanden, so ergibt sich

$$-x_1 = \frac{a}{2} + \frac{R\,.\,\sigma}{a} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad \text{Gl. 9)}$$

Aus Textabb. 3, die als eine Darstellung nach Art der Royschen Methode anzusehen ist, ist Gl. 9) leicht abzulesen. Hieraus ist zunächst die Abhängigkeit der Gröfsen x und m, und damit der Gröfse w von dem Produkte $R\sigma$ ersichtlich. Es zeigt sich, dafs w um so kleiner wird, je kleiner x_1, also je kleiner $R\sigma$ ist. In diesem Sinne ist x stets absolut gemeint, so dafs $x_{min} = 0$ ist. Mit zunehmender Abnutzung der Radreifen wird daher, von sonstigen Einflüssen abgesehen, w gröfser, da σ gröfser wird. Mit wachsendem x_1 nähert sich m_2 dem Werte 0. Ist $m_2 = 0$, so wird das Fahrzeug nur vorne geführt, x_1 hat seinen Grenzwert x_0 erreicht, das Fahrzeug hat seine »natürliche« Radialstellung eingenommen. Bei zweiachsigen Fahrzeugen ist x_0 etwas gröfser als a und nähert sich mit zunehmendem Radstand dem Werte a. Bei dreiachsigen Fahrzeugen liegt M kurz vor der letzten Achse und nähert sich dieser ebenfalls mit zunehmendem Radstand. In Abb. 1, Taf. 36 sind die erforderlichen Werte x und m zur Bestimmung von w in Kurven aufgetragen. Hierbei ist angenommen: gleiche Belastung aller vier Räder und Spurweite $2s = 1500$ mm. Die Abb. 1, Taf. 36 enthält für Radstände von 2 bis 8 m die Gröfse von x_0, ferner für die Werte $R\sigma = 6$, 8, 10 und 12 die Gröfse von x_1. Es ergibt sich $x_2 = a + x_1$. Weiter ist m_1 und m_2 aufgetragen. Schliefslich ist noch das Produkt $(m_2 + \cos\beta_2)\cos\beta_2$ eingetragen. Für Achse 1 ist $\cos\beta$ stets so grofs, dafs $(m_1 + \cos\beta_1)\cos\beta_1$ von dem Werte $(m_1 + 1)$ kaum abweicht und es ist daher auch nicht besonders eingetragen. Mit Hilfe dieser Tafel läfst sich w sehr genau seinem theoretischen Werte nach bestimmen, soweit es durch die Gleisverhältnisse beeinflufst wird. Die Tafel ist ohne weiteres auch für eine andere Spurweite $2\sigma'$ zu verwenden. Es ist dann nur der Mafsstab für a und x im Verhältnis $\frac{2\sigma'}{1500}$ zu ändern.

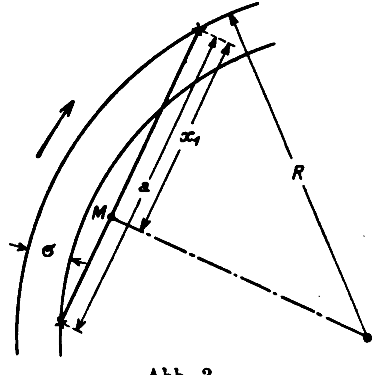


Abb. 3.

Einflufs der Radreifenabnutzung auf den Kurvenwiderstand.

In den bisherigen Ausführungen war nur angenommen, dafs die Kegelform der Radreifen durch die Abnutzung verschwunden sei, dafs aber Schienenkopf und Radreifenhohlkehle noch in neuem Zustande seien. Es wird nämlich stets die Hohlkehle mit einer etwas gröfseren Abrundung versehen als der Schienenkopf. Denn nur in diesem Falle ist ein stetiger

Übergang des Unterstützungspunktes von der Lauffläche auf ein unter α geneigtes Flächenelement der Hohlkehle möglich. Ist dagegen die Hohlkehle ausgelaufen oder der Schienenkopf abgenutzt, so kommt beim seitlichen Anlaufen des Radsatzes der Spurkranz zum Anlaufen, ohne dafs das Rad von der Stützfläche abgehoben wird. Es findet dann nicht mehr eine Einpunktberührung zwischen Rad und Schiene statt, sondern eine Zweipunktberührung. Unter Berührungs**punkt** ist hier selbstverständlich die zu einem Punkt vereinigt gedachte Stützfläche verstanden, da eine Stützkraft nie von einem Punkt aufgenommen werden kann. Findet aber die Berührung am Spurkranz unter einem Winkel $\alpha' > \alpha$ statt (wobei α der Winkel ist, der dem Schienendruck Y nach Gl. 3 entspricht), so kann Y nicht im Gleichgewicht mit Q sein, das Rad also nicht mehr von der Stützfläche abheben, sondern diese nur zum Teile Q' entlasten (Textabb. 4). Es verbleibt ein Stützflächendruck (Q — Q'). Der Schienendruck Y' wird seinerseits dadurch gröfser, dafs die in der Stützfläche wirkende Reibungskraft von (Q — Q') noch vom Schienendruck überwunden werden mufs. Die horizontale Reibungskomponente in der Hohlkehle in Richtung des Fahrzeugs kann auch hier noch gesetzt werden zu $\sim Q'\mu \sin\beta$. Wird ferner wieder $Y' = Y + (Q - Q')\mu \cos\beta$ oder $Y' + Q'\mu\cos\beta = -K = -m\,Q\mu$ eingeführt, . . (Gl. 10), so ist leicht zu ersehen, dafs m denselben Wert hat, wie in den Gl. 7) und 7a.) Es ergeben sich also folgende Beziehungen: $\frac{Y'}{Q'} = -m\frac{Q\mu}{Q'} - \mu\cos\beta$ (aus Gl. 10). Ferner

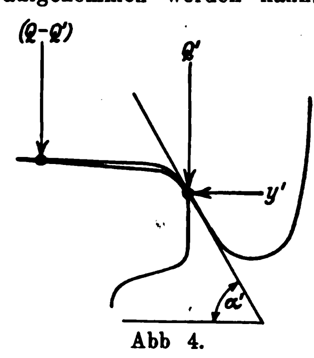


Abb 4.

ist nach Gl. 1) $\frac{Y'}{Q'} = \operatorname{tg}(\alpha' - \varrho')$, wobei wie früher $\operatorname{tg}\varrho' = \operatorname{tg}\varrho\cos\beta$ ist. Also folgt: $\frac{Q}{Q'} = \frac{\operatorname{tg}(\alpha' - \varrho') + \operatorname{tg}\varrho\cos\beta}{-m\operatorname{tg}\varrho}$. Nach Gl. 4) ist aber allgemein $W = \frac{Q(-x)}{R}\cdot\operatorname{tg}\alpha$. Ändert sich also Q und α auf Q' und α', während $\frac{-x}{R}$ konstant bleibt, so wächst der Widerstand im Verhältnis

$$\xi = \frac{Q'\operatorname{tg}\alpha'}{Q\operatorname{tg}\alpha} = \frac{-m\operatorname{tg}\varrho}{\operatorname{tg}(\alpha' - \varrho') + \operatorname{tg}\varrho\cos\beta}\cdot\frac{\operatorname{tg}\alpha'}{\operatorname{tg}\alpha}.$$

Nach Gl. 3) ist $\operatorname{tg}\alpha = \operatorname{tg}\varrho\frac{-m}{1 + \operatorname{tg}^2\varrho\,(m + \cos\beta)\cos\beta}$. Dies in die vorige Gleichung eingesetzt ergibt also

$$\xi = \frac{\operatorname{tg}\alpha'\,[1 + \operatorname{tg}^2\alpha\,(m + \cos\beta)\cos\beta]}{\operatorname{tg}(\alpha' - \varrho') + \operatorname{tg}\varrho\cos\beta} \quad . \quad . \text{ Gl. 11)}$$

Es ist also die Möglichkeit vorhanden, für jeden Fall, wenn aus dem Grad der gegenseitigen Abnutzung von Rad und Schiene α' bekannt ist, die Gröfse von ξ leicht zu ermitteln. Um einen allgemeinen Überblick über die Gröfsenordnung und Veränderlichkeit von ξ mit m, μ und α' zu gewinnen, wird $\cos\beta = 1$ angenommen, was bei führenden, nicht schwenkbaren Vorderachsen stets nahezu der Fall ist. Der Ausdruck $(m + \cos\beta)\cos\beta$ ist sehr genau $(m + 1)$, worauf schon früher hingewiesen worden ist. Mit zunehmendem m mufs ξ kleiner werden, da der Unterschied zwischen α und α' kleiner wird. Für $\alpha = \alpha'$ ist $\xi = 1$. ξ_{max} ist vorhanden bei dem absoluten Kleinstwert m, für den $\cos\beta$ noch ~ 1 ist. Mit abnehmendem m wird aber x und damit $\cos\beta$ kleiner. Je kleiner $\cos\beta$, desto kleiner wird aber auch ξ. Für $\cos\beta = 0$ ist wieder $\xi = 1$. Für $-m = 2$ bis 2,6 ist ξ bei verschiedenen Winkeln α' in nachstehender Tabelle errechnet. Es ist $\mu = 0{,}2$ eingesetzt.

Werte ξ für $\mu = \frac{1}{5}$.

— m	α' = 30°	45°	60°	75°	85°
2,0	1,030	1,11	1,245	1,63	3,04
2,2	1,025	1,10	1,235	1,61	3,02
2,4	1,015	1,09	1,220	1,60	2,995
2,6	1,005	1,08	1,213	1,59	2,97

Es zeigt sich, dafs der Einflufs von m sehr klein, der Einflufs von α' aber gewaltig ist. Es ist ferner für $-m = 2$ der Wert ξ noch für $\mu = \frac{1}{4}, \frac{1}{5}$ und $\frac{1}{6}$ gerechnet.

Werte ξ für $-m = 2$.

μ	α' = 30°	45°	60°	75°	80°	85°
1/4	1,01	1,10	1,26	1,71	2,14	3,70
1/5	1,03	1,11	1,245	1,63	1,97	2,995
1/6	1,04	1,105	1,23	1,53	1,84	2,83

ξ für die verschiedenen Werte μ ist im Schaubild über α' aufgetragen (Textabb. 5). Es zeigt sich, dafs ξ mit wachsendem α' sehr schnell und gewaltig zunimmt. Der Einflufs

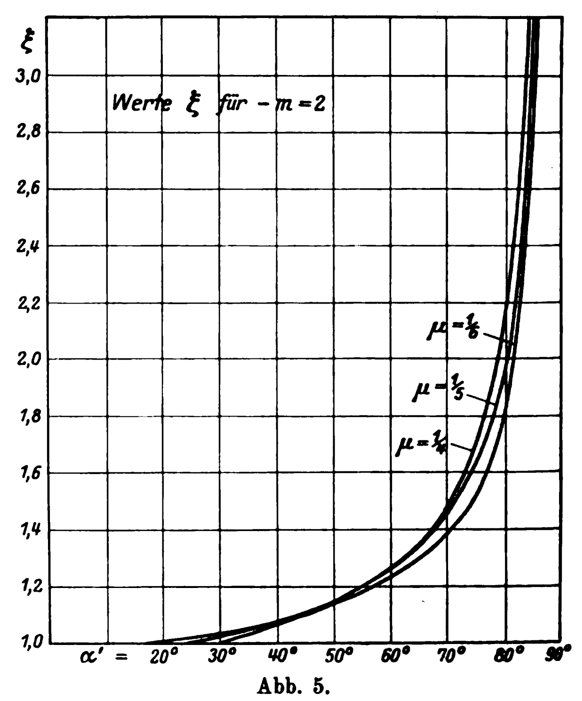


Abb. 5.

von μ ist aber in dem unteren Teil der Kurven gering. Nimmt man jetzt an, dafs auch die Hohlkehle des Radreifens schnell ausgelaufen ist so vollzieht sich bei den Spurkränzen der preufsischen Staatsbahn die Berührung zwischen Rad und Schiene unter 60° (vergl. Textabb. 6). Hierfür würde ξ etwa 1,25 sein, d. h. alle Werte von w, die sich bei den späteren Untersuchungen ergeben, sind um rund 25 % zu erhöhen, wenn eben nicht neue Radreifen und Schienen vorhanden sind, was im praktischen Betriebe wohl sehr selten zusammen auftritt. Der Schienenkopf mit seiner vertikalen Seitenflanke arbeitet sich aber während des Betriebes in den Spurkranz des Radreifens ein. Ein solcher sogenannter ausgelaufener Spur-

kranz ist in Textabb. 6 gestrichelt eingezeichnet. Die gezeichnete Abnutzung ist die nach den T. V. höchst zulässige. Betrachtet man den Schnitt AB, so erscheint das Rad als eine Scheibe, welche unter dem Winkel φ gegen die Schiene anläuft (Textabb. 7). Im Anlaufpunkt A denke man sich die Tangente T

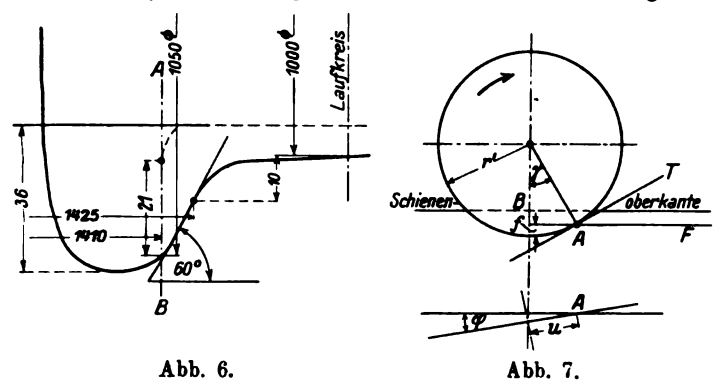


Abb. 6. Abb. 7.

an die Scheibe gezogen. Der Winkel α' ist dann derjenige Winkel, den das gemeinsame Lot auf T und die Fahrkante F im Berührungspunkt mit der Vertikalen bildet. Mit den Bezeichnungen der Textabb. 6 und 7 ist dann leicht abzulesen, dafs $\operatorname{tg} \alpha' = \frac{\operatorname{tg} \gamma}{\sin \varphi}$ ist. $\operatorname{Tg} \alpha'_{min}$ bei ausgelaufenen Spurkränzen tritt auf für $\operatorname{tg} \gamma_{min}$ und $\sin \varphi_{max}$. Es ist nun $\operatorname{tg} \gamma = \frac{u}{r' - f}$. Ferner $u^2 = 2r' f - f^2$ oder $u \sim \sqrt{2r' f}$, also $\operatorname{tg} \gamma \sim \sqrt{2f : r'}$. Demnach tritt $\operatorname{tg} \gamma_{min}$ ein für r'_{max}. Bei Wagenrädern ist $2r'_{max} = 1050$ mm. Hierfür ist $f = 21$ mm, wenn der ausgelaufene Spurkranz an neuer Schiene anläuft, sonst ~ 25 mm. Also folgt

$$\operatorname{tg} \gamma_{min} = 0{,}284 \text{ bei neuen Schienen } (f = 21 \text{ mm}),$$
$$= 0{,}31 \text{ für } f = 25 \text{ mm}.$$

Weiter ist $\sin \varphi = -x : R$. $\sin \varphi_{max}$ tritt auf für $-x_{max}$ und R_{min}. Es sei angenommen: $R = 180$ m

$$\sigma = 25 + 25 = 50 \text{ mm, also } R\sigma = 9$$
$$a = 8 \text{ m (zweiachsiges Fahrzeug!).}$$

Dann ist $-x = 5{,}1$ m und $\sin \varphi = 5{,}1 : 180$; also folgt

$$\operatorname{tg} \alpha'_{min} = 10 \text{ bzw. } 10{,}9$$
$$\text{oder } \alpha'_{min} = 84^0\,20' \text{ bzw. } 85^0.$$

Aus Textabb. 5 ist aber ersichtlich, dafs demnach für $\mu = 0{,}2$ bei ausgelaufenen Spurkränzen der Kurvenwiderstand um mindestens 200 % gröfser wird.

Die Ausführungen des letzten Abschnittes stehen in einem gewissen Gegensatz zu der sog. »zusätzlichen« Spurkranzreibung, von der in der Literatur immer wieder die Rede ist*). In der Kurve tritt stets eine Reibung am Spurkranz oder in der Hohlkehle auf, da nur durch Abgleiten am Spurkranz ein Kurvenlauf stattfinden kann. Findet aber eine Zweipunktberührung statt, so kann höchstens von einer zusätzlichen Stützflächenreibung die Rede sein. Die falsche Auffassung bezüglich der zusätzlichen Spurkranzreibung zeigt sich auch in der Verkennung der tatsächlichen kinematischen Vorgänge. Bei der Berechnung der Spurkranzreibung, d. h. der Reibung im Punkte A der Textabb. 7 nimmt man eine Bewegung dieses Punktes um B oder gar um O an. In Wirklichkeit ist A selbst der Momentalpol für die Drehbewegung des Rades. A bewegt sich nicht um B, sondern B um A. Dadurch kann ja auch nur das Rad gehoben werden, um im nächsten Augenblick wieder in A abzugleiten und dadurch die Kurvenwiderstandsarbeit zu leisten.

Einflufs der freien Lenkachsen auf den Kurvenwiderstand.

Freie Lenkachsen sind solche Achsen, die sowohl seitliches Spiel als auch vor allem Spiel in Fahrzeuglängsrichtung an den Achshaltern haben, so dafs sie sich in der Kurve frei einstellen können. Sie werden in ihrer Mittelstellung nur durch geeignete Art der Federaufhängung gehalten (Textabb. 8). In der Kurve drehen nun die Kräfte $\pm \sin \beta$ (in Einh. μ Q gerechnet) die Achse aus ihrer Mittelstellung heraus. Die hierbei auftretende Mittelstellkraft ist leicht nach Textabb. 9 graphisch zu ermitteln. AB sei das unter α geneigte Gehänge. Zu einer horizontalen Verschiebung f der Radmitte seien f_1

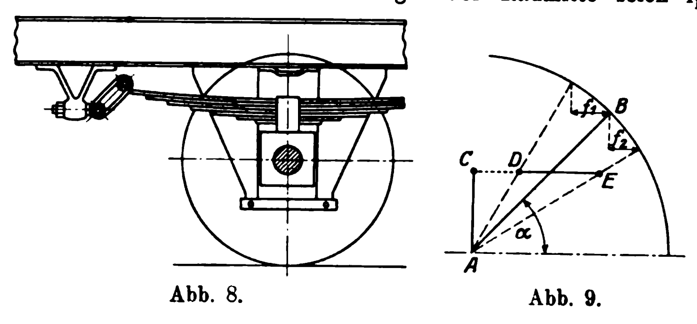


Abb. 8. Abb. 9.

und f_2 die zugehörigen Verschiebungen der Federaugen, AC sei die Federbelastung in den Augen; dann ist DE die auftretende Mittelstellkraft M, die der Federverschiebung entgegenwirkt. Liegen Federn und Radreifen in verschiedenen Ebenen, so wirkt M . u der Verschiebung des Rades entgegen, worin u das Übersetzungsverhältnis bezeichnet. Hat M . u den Wert $Q\mu \cdot \sin \beta$ erreicht, so ist Gleichgewicht vorhanden. Textabb. 10 veranschaulicht in verzerrtem Mafsstabe die Veränderlichkeit der gesuchten Gröfsen. Der Reibungsmittelpunkt wird nach früher gesagtem auf der Achsmittellinie angenommen. Es sei für die angenommene oder durch die geometrischen Verhältnisse notwendige Fahrzeugeinstellung M_f der Reibungsmittelpunkt für feste Achsen. Die Kräfte $Q \cdot \mu \cdot \sin \beta$ verschieben die Achse um $f = s\psi$. Gleichzeitig verschiebt sich M_f nach M_l. Es wird $x_f - x_l = R\psi$. Mit f ändert sich M . u, mit x_l ändert sich $Q\mu \cdot \sin \beta$. Beide Funktionen lassen sich als Kurven aufzeichnen und zwar so, dafs die Mafsstäbe von f und $(x_f - x_l)$ einander entsprechen, d. h. es mufs die Proportion bestehen $(x_f - x_l) : f = R : s$. Der Schnittpunkt der Kurven gibt das Gleichgewicht von $Q \cdot \mu \cdot \sin \beta$ und M . u. Sind für die vorher angenommene Fahrzeuglage die allgemeinen Gleichgewichtsbedingungen nach der Verdrehung vorhanden, so kann m, und damit aus m und x_l nach Gl. 6) der Kurvenwiderstand bestimmt werden. Das Verfahren wird durch die spätere Anwendung bei den gerechneten Beispielen noch näher klargelegt werden. Aufser den bei steifachsigen Fahrzeugen für x und m in Frage kommenden Gröfsen erscheint hier noch eine weitere Abhängigkeit der Richtkraft von

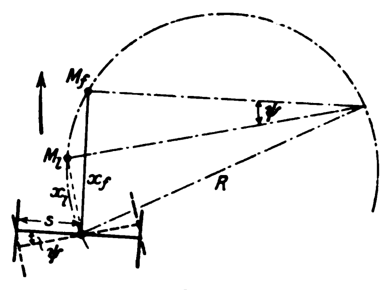


Abb. 10.

1. der Gehängeneigung α und den Abmessungen des Gehänges überhaupt,

2. der Federkraft $F = \frac{1}{2}\left(Q - \frac{1}{2} \text{ Radsatzgewicht}\right)$.

F ändert sich also nicht proportional Q wie $Q \cdot \mu \cdot \sin \beta$,

3. μ, da $Q \cdot \mu \cdot \sin \beta$ proportional μ, M . u aber unabhängig von μ ist,

4. R, da $x_l = x_f - R\psi$ ist.

Hieraus folgt klar die Unmöglichkeit einer allgemein gültigen Widerstandsformel mit Berücksichtigung auch nur der bisher erwähnten Einflüsse.

*) Organ für die Fortschritte des Eisenbahnwesens 1912, S. 52; 1913, S. 374; Zeitschrift für Kleinbahnen 1918, S. 388.

Kurvenwiderstandswerte der Fahrzeuge der ehemalig preufsischen Staatsbahnen.

Im folgenden ist der Kurvenwiderstand einer Anzahl von Fahrzeugen der ehemalig preufsischen Staatsbahnen untersucht. Wenn nicht ein anderes ausdrücklich gesagt ist, sind die allgemeinen Annahmen getroffen:

1. Neue Radreifenhohlkehlen (aber zylindrische Reifen) und neue Schienen. Demnach ist das gesamte Spiel σ im Gleis nach den T. V. bei

$R =$	200	400	600	800 m
$\sigma =$	$10 + 24$	$10 + 15$	$10 + 9$	$10 + 3$ mm, also
$R\sigma =$	6,8	10	11,4	10,4.

2. Gleiche Raddrucke Q am ganzen Fahrzeug.
3. Überall gleicher Reibungskoeffizient zwischen Rad und Schiene; es wird mit $\mu = 0{,}2$ gerechnet.
4. Beharrungszustand und $\pm Z = 0$.
5. Schienenüberhöhung entsprechend der Geschwindigkeit, d. h. freie Fliehkraft $= 0$.
6. Spurkranzübergriff $u = 0$.

Es ist die Einstellung der Fahrzeuge und ihr Kurvenwiderstand für R = 200, 400, 600 und 800 m ermittelt. Ist natürliche Radialstellung bei allen Kurven möglich, also $x_1 = x_0 =$ konst., so ergibt sich für den Widerstand eine Gleichung von der Form $w = k : R$, d. h. w stellt sich als gleichseitige Hyperbel dar. Bei spiefsgängigen Fahrzeugen ist x variabel. Es ist dann versucht, eine verschobene Hyperbel von der Form $(w + w_0) = k : (R + R_0)$ durch die errechneten Punkte zu legen. Die Kurven*) sind dann in Abb. 2 und 3, Taf. 36 aufgetragen. Zur genaueren Erkennung der Abweichung der errechneten Werte w_{er} von der w-Kurve sind in den Tabellen w_{er} und w nebeneinander gestellt.

I. Eisenbahnwagen.

a) steifachsige.

Die Einstellung der steifachsigen Fahrzeuge ist aus Abb. 1, Taf. 36 zu ersehen.

1. Tenderdrehgestell von 1,55 m Radstand.

In allen Kurven erfolgt natürliche Einstellung bei $x_0 = 2{,}03$ m

R in m	200	400	600	800
$-x_1$ » »	2,03	2,03	2,03	2,03
$-m_1$ » Einheiten μQ	2,95	2,95	2,95	2,95
w_{er} » kg/to . . .	1,6	0,8	0,53	0,4
$w_1 = \frac{320}{R}$ » » . . .	1,6	0,8	0,53	0,4.

2. Tenderdrehgestell von 1,8 m Radstand.

In allen Kurven erfolgt natürliche Einstellung bei $x_0 = 2{,}23$ m

R in m	200	400	600	800
$-x_1$ » »	2,23	2,23	2,23	2,23
$-m_1$ » Einheiten μQ .	2,874	2,874	2,874	2,874
w_{er} » kg/to	1,725	0,863	0,575	0,431
$w_2 = \frac{345}{R}$ in kg/to . . .	1,725	0,863	0,575	0,431.

3. Zweiachsiges Drehgestell mit 2 m Radstand.

In allen Kurven erfolgt natürliche Einstellung.

R in m	200	400	600	800
$-x_1$ » »	2,4	2,4	2,4	2,4
$-m_1$ » Einheiten μQ . .	2,8	2,8	2,8	2,8
w_{er} » kg/to	1,78	0,89	0,595	0,445
$w_3 = 355 : R$ in kg/to . .	1,78	0,89	0,595	0,445.

4. Zweiachsiges Drehgestell der D-Zugwagen mit 2,5 m Radstand.

In allen Kurven natürliche Radialstellung.

R in m	200	400	600	800
$-x_1$ » »	2,8	2,8	2,8	2,8
$-m_1$ » Einheiten μQ	2,61	2,61	2,61	2,61
w_{er} » kg/to . . .	1,95	0,975	0,65	0,49
$w_4 = 390 : R$ » . . .	1,95	0,975	0,65	0,49.

*) Der Index bezeichnet die lfd. Nr. des Rechnungsbeispieles.

5. Zweiachsige Wagen von 4 m Radstand.

In den Kurven von 400, 600 und 800 m Radius ist natürliche Einstellung noch möglich. Bei R = 200 m tritt Spiefsgang ein.

R in m	200	400	600	800
$-x_1$ » »	3,65	4,2	4,2	4,2
$-m_1$ » Einheiten μQ	2,36	2,4	2,4	2,4
$+m_2$ » » »	1,14	—	—	—
w_{er} » kg/to . . .	2,4	1,34	0,89	0,67
$w_5 = 570 : (R + 40)$	2,38	1,3	0,89	0,68
$(w = 520 : R$ . .	2,6	1,3	0,87	0,65).

6. Zweiachsige Wagen von 6 m Radstand.

In allen Kurven tritt Spiefsgang ein.

R in m	200	400	600	800
$-x_1$ » »	4,15	4,65	4,9	4,7
$-m_1$ » Einheiten μQ	2,1	2,12	2,13	2,12
$+m_2$ » » »	1,97	1,88	1,8	1,85
w_{er} » kg/to . . .	3,23	1,62	1,08	0,81
$w_6 = 650 : R$ » . . .	3,25	1,625	1,083	0,813.

7. Dreiachsiges Drehgestell von 3,6 m Radstand. Alle Achsen sind steif gelagert. Es ist mit gleicher Belastung aller Achsen gerechnet. In allen Kurven tritt natürliche Radialstellung ein.

R in m	200	400	600	800
$-x_1$ » »	3,5	3,5	3,5	3,5
$-m_1$ » Einheiten μQ	3,56	3,56	3,56	3,56
w_{er} » kg/to . . .	2,3	1,15	0,77	0,58
$w_7 = 460 : R$ » . . .	2,3	1,15	0,77	0,58.

8. Dreiachsige Tender von 4,4 m Radstand (3 T 16,5). Die zweite Achse, die 2,4 m hinter der ersten liegt, hat 16 mm Seitenspiel.

R in m	200	400	600	800
$-x_1$ » »	3,95	4,2	4,6	4,6
$-m_1$ » Einheiten μQ .	3,28	3,31	2,01	2,01
$-m_2$ » » » .	—	—	1,88	1,88
$+m_3$ » » » .	0,54	—	—	—
w_{er} » kg/to	2,41	1,275	0,775	0,58
$w_8 = 485 : R$ »	2,425	1,217	0,801	0,608.

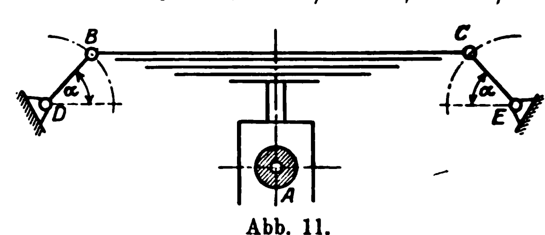


Abb. 11.

Es tritt also bei R = 200 m Spiefsgang ein, bei R = 400 m führt die erste Achse allein, bei R = 600 und 800 m genügt das Seitenspiel um auch die zweite Achse aufsen anlaufen zu lassen. Eine Notwendigkeit, die zweite Achse verschieblich zu machen, liegt zwar bei R = 200 m noch nicht vor, ist aber bei noch kleineren Radien erforderlich. Durch die Verschieblichkeit wird w gegenüber der unverschieblichen Achsanordnung etwas vermindert, sobald die zweite Achse aufsen zum Anlaufen kommt.

b) Wagen mit freien Lenkachsen.

Von den bei der ehemalig preufsischen Staatsbahn verwendeten Gehängekonstruktionen sind untersucht:

1. Gehänge für G-Wagen
2. » » Endachsen der Personenwagen
3. » » Mittelachsen » »

Es ist die Annahme getroffen, dafs mit den Nummern der Gehänge die Winkel α nach Textabb. 11 bei Mittelstellung von Punkt A sind:

$$\alpha_1 = 45^0, \quad \alpha_2 = 30^0, \quad \alpha_3 = 45^0,$$

ferner, dafs die Entfernung der Punkte ABC konstant bleibt. Bei der Führung des Systems auf den Kreisbögen um D und E ist mit Hilfe von Modellen die horizontale Ausweichung f des

Punktes A gemessen. Nach dem früher angegebenen Verfahren ist die Mittelstellkraft $M = \lambda F$ als Funktion von f ermittelt. Es steigt λ im Anfange langsamer, später schneller an. Der für vorliegende Zwecke in Frage kommende untere Teil der Kurve $\lambda = \varphi(f)$ kann mit sehr großer Genauigkeit als Gerade angesehen werden (Textabb. 12). λ_1, λ_2 und λ_3 entsprechen wiederum den obigen Gehängenummern. Das Übersetzungsverhältnis u infolge der verschiedenen Ebenen von Feder und Radreifen ist rund 1,3. Die Gleichgewichtsbedingung heifst also

$$1{,}3\,\lambda F = \mu Q \sin\beta \text{ oder } \sin\beta = \lambda \frac{1{,}3\,F}{\mu Q}.$$

Das halbe Radsatzgewicht ist im allgemeinen 575 kg; also ist $F = \frac{1}{2}(Q - 575)$ und $Q : F = 2Q : (Q - 575)$. Dieser Wert liegt stets nahe bei 2,15. Ferner noch $\mu = 0{,}2$ eingesetzt ergibt sich

$$\sin\beta = \lambda \frac{1{,}3}{0{,}2 \,.\, 2{,}15} \backsim 3\lambda.$$

10. Zweiachsige Güterwagen von 6 m Radstand. Gehänge Nr. 1.

Bei $R = 200$ m läuft die Hinterachse frei, bei $R = 400 \div 800$ m läuft sie aufsen an.

R in m	200	400	600	800
$-x_{f_1}$ » »	3,88	3	3	3
$-x_{l_1}$ » »	4,38	3,88	4,2	4,62
$+x_{f_2}$ » »	2,12	3	3	3
$-x_{l_2}$ » »	0,1	0,6	1,02	1,48
$-m_1$ » Einheiten μQ	2,25	2,204	2,152	2,112
$-m_2$ » » »	—	0,976	1,408	1,628
w_{er} » kg/to	2,6	1,22	0,91	0,79
$w_{10} = 500 : R + 0{,}1$	2,6	1,35	0,935	0,725.

11. Zweiachsige Personenwagen von 6,5 m Radstand. Gehänge Nr. 2.

Bei $R = 200$ m läuft die Hinterachse innen an, bei $R = 400$ m läuft sie frei, bei $R = 600$ m läuft sie bereits aufsen an.

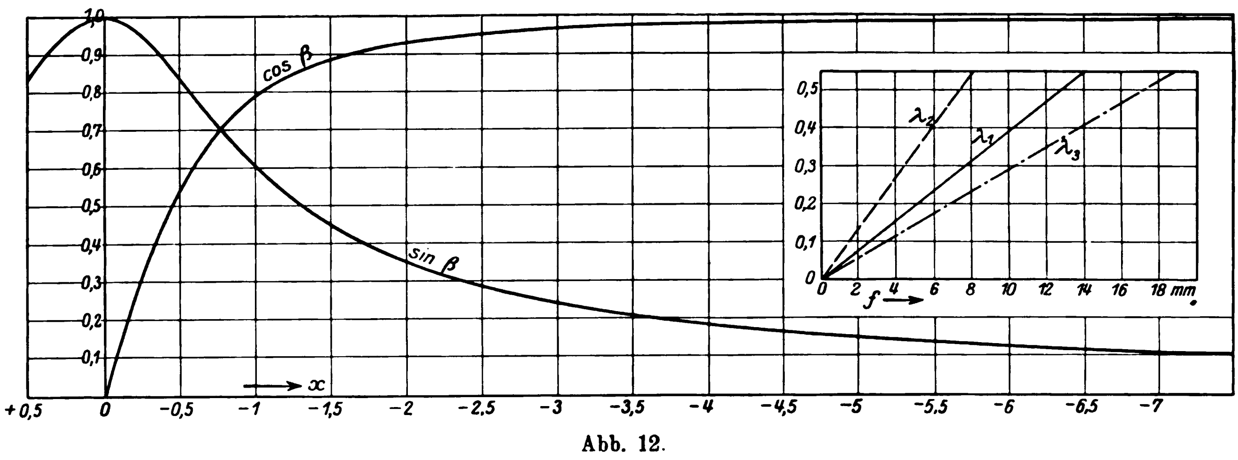


Abb. 12.

Es ist nun in Textabb. 12 sin β und cos β als Funktion von x aufgetragen. Die Linien der Textabb. 13, in der $3\lambda = \varphi(x_f - x_l)$ aufgetragen ist, wobei die Mafsstäbe für x und $(x_f - x_l)$ in den Textabb. 12 und 13 gleich sind, so dafs also $(x_f - x_l) = f\,R : s$ ist, werden auf durchsichtiges Papier gezeichnet. Zu jedem R ergeben sich je drei λ-Kurven. Die Diagramme Textabb. 12 und 13 werden mit den x-Achsen nun so aufeinander gelegt, dafs der Nullpunkt des Deckblattdiagramms auf x_f der zu untersuchenden Achse liegt. Der Schnittpunkt der 3λ-Kurve mit der sin β-Kurve gibt die Gleichgewichtslage der Achse an. Es kann dann sofort der zugehörige cos β und x_l abgelesen werden. Wegen der Kleinheit des Verdrehungswinkels ψ der Achse gegen die Mittelstellung können mit hinreichender Genauigkeit zur Bestimmung von m die Gl. 7) und 8) beibehalten werden. In Gl. 6) wird selbstverständlich x_l eingesetzt. Es sind folgende Wagen mit Lenkachsen untersucht:

9. Zweiachsige Güterwagen von 4 m Radstand. In Frage kommt Gehänge Nr. 1.

In allen Kurven läuft die Hinterachse aufsen an. Sie steht stets überradial.

Die Ergebnisse der Untersuchung sind nachfolgend zusammengestellt:

R in m	200	400	600	800
$-x_{f_1}$ » »	2	2	2	2
$-x_{l_1}$ » »	2,63	3,07	3,42	3,88
$+x_{f_2}$ » »	2	2	2	2
$-x_{l_2}$ » »	0,2	0,9	1,33	1,8
$-m_1$ » Einheiten μQ	2,384	2,27	2,214	2,174
$-m_2$ » » »	0,056	1,190	1,476	1,626
w_{er} » kg/to	1,25	1,05	0,83	0,74
$w_9 = 1000 : (R + 600)$	1,25	1,0	0,834	0,715.

R in m	200	400	600	800
$-x_{f_1}$ » »	4,3	4,0	3,25	3,25
$-x_{l_1}$ » »	4,55	4,45	3,98	4,2
$+x_{f_2}$ » »	2,2	2,5	3,25	3,25
$+x_{l_2}$ » »	1,6	—0,1	— 0,35	— 0,68
$-m_1$ » Einheiten μQ	2,094	2,228	2,212	2,172
$+m_2$ » » »	1,934	—	— 0,598	— 1,128
w_{er} » kg/to	3,26	1,3	0,78	0,65
$w_{11} = (720 : R) - 0{,}4$	3,2	1,4	0,8	0,5.

12. Dreiachsige Personenwagen von $a = 7$ m Radstand.

Es ist gleiche Belastung aller Achsen angenommen. Die Mittelachse ist um wenigstens 26 mm verschieblich gemäfs § 124

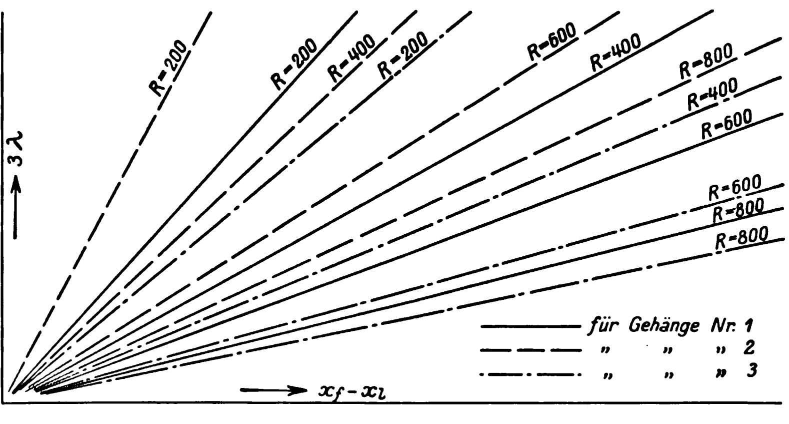


Abb. 13.

der T. V. Die Mittelachse wird durch ihre Reibungskomponente cos β_2 nach aufsen gezogen. Von der Wirkung der Gehänge als Mittelstellkraft in achsialer Richtung wird abgesehen und

eine Verschiebung der Mitte von Achse 2 gegenüber der Endachsen von 26 mm stets angenommen. Dann ist der Abstand e der Mittelachse von der äufseren Schiene gegeben durch die Gleichung $e = \frac{a(-x_1)}{2R} \cdot \frac{a^2}{8R} - 26$ (wenn alle Gröfsen in mm eingesetzt sind!). Dann bedeutet $e > \sigma$: Anlaufen an der Innenschiene, $e < \sigma$: Anlaufen an der Aufsenschiene.

Die Kurveneinstellung ist folgende: Bei R = 200 m tritt Spiefsgang ein, die Mittelachse läuft frei, bei R = 400 m läuft die Mittelachse bereits aufsen an, die hintere noch frei, bei R = 600 m laufen bereits alle Achsen aufsen an.

R in m	200	400	600	800
$-x_{f_1}$ » »	4,5	4,5	3,5	3,5
$-x_{l_1}$ » »	4,72	4,9	4,2	4,45
$-x_{l_2}$ in m	—	3,7	2,55	2,95
$+x_{l_3}$ » »	2,02	—	−0,35	−0,62
e_2 » mm	21,8	−4,0	−15,8	−18,35
$-m_1$ » Einheiten μQ	3,072	2,258	2,264	2,216
$-m_2$ » » »	—	0,98	0,96	0,97
$+m_3$ » » »	1,112	—	−0,316	−1,004
w_{er} » kg/t	2,99	1,28	0,71	0,575
$w_{12} = 420 : (R - 60)$	3,0	1,24	0,78	0,57.

Durch die Punkte läfst sich eine Gerade einzeichnen von der Form

$$k : a = C\ s/a + D$$

Hierbei ist C = 275, D = 75.

Demnach ist für steifachsige Fahrzeuge

$$k \sim 205 + 75a \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad \text{Gl. 12)}$$

Das Schaubild zeigt ferner, dafs bei gleichem Gesamtradstand der Kurvenwiderstand bei drei steifen Achsen geringer ist als bei zwei steifen Achsen (vergl. Punkt 7 und den oberen Punkt 8). Bei genügender Verschieblichkeit der Mittelachse, so dafs sie an der Schiene anlaufen kann, wird w noch weiter heruntergesetzt (vergl. den unteren Punkt 8).

Lenkachsen zeigen im allgemeinen eine Verringerung von w bei kleinem R. Die Verminderung von w ist um so gröfser, je geringer die Rückstellkraft, d. h. je gröfser der Winkel α des Gehänges ist. Je mehr die Hinterachse sich drehen kann, desto mehr drückt sie das Fahrzeug nach aufsen. Die günstigsten Verhältnisse treten ungefähr bei $x_f = \frac{1}{2} a$ und x_l der Hinterachse gleich o auf. Diese Verhältnisse erfordern aber für jeden Achsstand a und jeden Radius R andere Gehängeabmessungen. Am Vorderrad ist der Einflufs der Lenkachsen von Nachteil

Zusammenstellung der Widerstandswerte für Wagen.

Lfd. Nr.	Gesamtradstand m	Art des Fahrzeugs	w in kg/t bei R = 200 m	400 m	600 m	800 m	w_n	Bemerkung
1	1,55	Tender-Drehgestell	1,6	0,8	0,53	0,4	320 : R	
2	1,8	Tender-Drehgestell	1,725	0,863	0,575	0,431	345 : R	
3	2,0	Drehgestell für vierachsigen G-Wagen	1,78	0,89	0,595	0,445	355 : R	
4	2,5	Drehgestell für vierachsigen D-Wagen	1,95	0,975	0,65	0,49	390 : R	
5	4,0	Zweiachsiger G-Wagen	2,4	1,34	0,89	0,67	$\frac{570}{R+40}$	
6	6,0	Zweiachsiger Wagen	3,23	1,62	1,08	0,81	650 : R	
7	3,6	Dreiachsiges Drehgestell	2,3	1,15	0,77	0,58	460 : R	
8	4,4	Dreiachsiger Tender (3 T 16,5)	2,41	1,275	0,775	0,58	485 : R	
9	4,0	Zweiachsiger G-Wagen	1,25	1,05	0,83	0,74	$\frac{1000}{R+600}$	Lenkachsen
10	6,0	Zweiachsiger G-Wagen	2,6	1,22	0,91	0,79	$\frac{500}{R} - 0,1$	»
11	6,5	Zweiachsiger P-Wagen	3,26	1,3	0,78	0,65	$\frac{720}{R} - 0,4$	»
12	7,0	Dreiachsiger P-Wagen	2,99	1,28	0.71	0,575	$\frac{420}{R-60}$	»

Zusammenfassung.

Die Kurven w_{1-8} in Abb. 3, Taf. 36 zeigen ein gleichmäfsiges Anwachsen des Widerstandes w = k : R mit dem festen Radstande a. In Textabb. 14 ist k : a über s : a aufgetragen*); hierzu ist aus w_5 der Wert k der eingeklammerten Gleichung genommen. Für den dreiachsigen Tender sind zwei Werte genommen, nämlich k = 485 aus w_8 und der Wert k = 510 der der natürlichen Einstellung entspricht, d. h. Führung durch die erste Achse allein.

Lfd. Nr.	a	k	s : a	k : a
1	1,55	320	0,484	206
2	1,8	345	0,416	191,5
3	2,0	355	0,375	177,5
4	2,5	390	0,3	156
5	4,0	520	0,1875	130
6	6,0	650	0,125	108
7	3,6	460	0,208	128
8	4,4	{485 {510	0,171	{110 {116

*) Als Abszisse ist $\frac{s}{a}$ genommen, damit die Kurve für alle Spurweiten Geltung hat.

auf den Widerstand, da $x_l > x_f$ wird. Die Achse stellt sich also entgegengesetzt der gewünschten Radialstellung ein. Der Einflufs ist aber sehr gering, wird allerdings um so gröfser, je schwächer die Mittelstellkraft ist. Aus diesem Grunde ist eine möglichst grofse Gehängeneigung α, die bei der Hinterachse wünschenswert erscheint, bei der Vorderachse unerwünscht. Ferner ist bei grofsen Radien der Kurvenwiderstand bei Lenkachsen gröfser als bei steifen Achsen. Wünscht man also Verringerung von w bei engen Kurven, so mufs man Vergröfserung in grofsen Kurven und in der Geraden in Kauf nehmen. Schlägt im geraden Gleis eine Lenkachse aus irgend einem Grunde um den Winkel ψ aus, so ist nach Textabb. 15 die auftretende Richtkraft $K = 2\sqrt{(Q\mu)^2 - (Mu)^2}$. Der zusätzliche Bewegungswiderstand ist angenähert $W = 2\sqrt{(Q\mu)^2 - (Mu)^2} \cdot \psi$*). Für einen bestimmten Ausschlag ψ ist W also um so kleiner, je gröfser Mu ist. Auch kehrt die Achse um so schneller in die Mittelstellung zurück, je gröfser Mu ist. Der verschiedenartige Einflufs der Mittelstellkraft auf den Kurvenwiderstand bei den einzelnen Fahrzeugen kommt auch in den Konstanten k, w_0 und R_0 der Gleichungen $w_{9 \div 12}$ zum Ausdruck. Wenn

*) W folgt aus Gl. 5, wenn darin $x : R = \psi$, $m = K : \mu Q$ und $1 + \mu^2 (m + \cos\beta) \cos\beta \sim 1$ eingesetzt wird.

auch diese Gleichungen an sich wenig praktische Bedeutung haben, so zeigen sie doch, dafs sie als Kurven einen grofsen

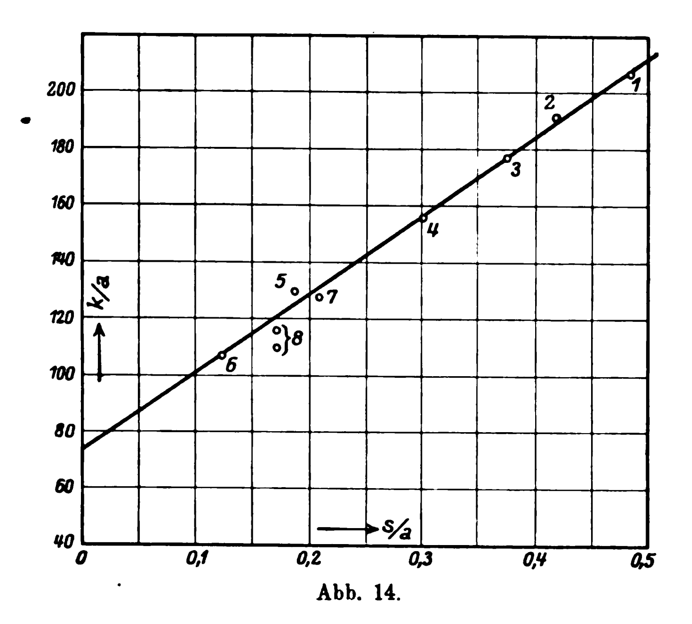


Abb. 14.

Anspruch auf gute Wiedergabe der tatsächlichen Verhältnisse haben. Für die übrigen Wagen der ehemalig preufsischen Staatsbahn läfst sich w genügend genau an Hand der Kurven der berechneten Beispiele schätzen.

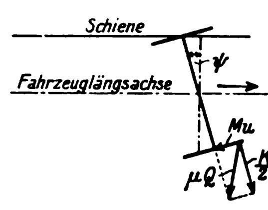


Abb. 15.

Es sei auch noch darauf hingewiesen, dafs den Kurven $\mu = 0{,}2$ zugrunde liegt. Für $\mu = \mu_1$ behalten die Gl. $w_{1 \div 8}$, also auch Gl. 12) vollkommen genügende Genauigkeit, wenn man sie mit $\mu_1 : \mu$ multipliziert. Eine Umrechnung von Gl. $w_{9 \div 12}$ ist dagegen nicht möglich. Bei ihnen ändert μ die ganze Einstellung in der Kurve, wodurch wesentliche Veränderung des Verlaufs der w-Kurve eintreten kann.

II. Lokomotiven.

Die im folgenden untersuchten Lokomotiven sind fast ausschliefslich neuere Typen der ehemalig preufsischen Staatsbahn. Radstände, Drehzapfenabstände, Raddrucke, Achsverschieblichkeit etc. sind auf Taf. 36 und 37 bei den Prinzipskizzen mitgeteilt. In den Rechnungen sind alle Raddrucke einander gleich eingesetzt, wenn nicht ein anderes ausdrücklich vermerkt ist. Die ebendort wiedergegebenen Darstellungen der Kurveneinstellung nach dem Royschen Verfahren dienen nur der Veranschaulichung, während die Kurveneinstellung selbst rechnerisch ermittelt ist. Aufser den Reibungskräften bleiben alle anderen äufseren Kräfte unberücksichtigt.

1. 1C-Lokomotive (T_{12}) mit vorderem Krauss-Drehgestell (Abb. 1, Tafel 37).

An dieser Lokomotive sei als Beispiel der Gang der Rechnung näher mitgeteilt, und zwar

a) für Vorwärtsfahrt.

Die vordere Laufachse und die erste Kuppelachse laufen stets aufsen an. Diese Annahme bestätigt sich dadurch, dafs sich in den späteren Rechnungen stets eine positive Richtkraft m_2 ergibt. Der Abstand des Drehzapfens von der äufseren Schiene ist nach Textabb. 16 gegeben durch die Gleichung

$$e_z = \frac{1{,}05}{2\,R} \,.\, (2{,}5 - 1{,}05)\,\text{m}.$$

Der Hauptrahmen wird also in einem Gleis von der Spur $(\sigma - e_z)$ geführt. Wird mit a der Abstand des Drehzapfens von der vierten Achse bezeichnet, so ist die max. Radialstellung nach Gl. 9):

$$-x_z = \frac{1}{2}\,a + \frac{R\,(\sigma - e_z)}{a}.$$

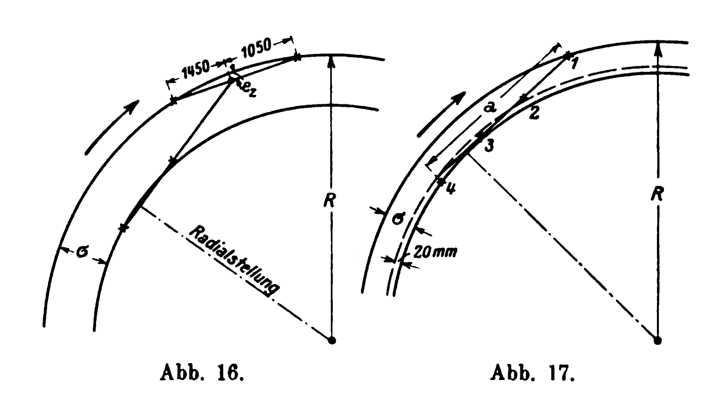


Abb. 16. Abb. 17.

Der Abstand der dritten Achse vom Drehzapfen ist 3,3 m. Ihr Abstand von der äufseren Schiene ist

$$e_3 = e_z + \frac{3{,}3}{R}\left(-x_z - \frac{1}{2}\,3{,}3\right)\text{m}.$$

Der Spurkranz ist 15 mm abgedreht. Solange also $e_3 < \sigma + 0{,}015$ ist, läuft die dritte Achse noch frei. Als Mittelstellkraft sind für das Krauss-Gestell schräge Gleitflächen von der Neigung 1 : 8 an der Kuppelachse angebracht. Die Reibung in den Gleitflächen, die unter Öl gehalten werden, wird vernachlässigt. Dann ist an jedem Rad der zweiten Achse

die Rückstellkraft $\frac{1}{2}\,P = Q_T : 8 = p\,.\,(\mu\,Q_T) = 0{,}625\,.\,(\mu\,Q_T)$

für $\mu = 0{,}2$. Am Hauptrahmen greift $p = +\,0{,}625$, am Drehgestell $p = -\,0{,}625$ an. Die Gleichungen für die Richtkräfte am Hauptrahmen sind:

$$m_z\,.\,a + 2\cos\beta_3\,.\,2{,}0 + 2s\,(\sin\beta_2 + \sin\beta_3 + \sin\beta_4) + $$
$$+\,2p\,.\,3{,}85 = 0,\quad m_z + m_4 + 2\cos\beta_3 + 2\cos\beta_4 + 2p = 0.$$

Es ist die Abweichung der Drehgestellmittellinie von der Mittellinie des Hauptrahmens in der Gleichung für die Richtkräfte vernachlässigt. Der Laufraddruck ist $Q_L = 7{,}4^t$, der Triebraddruck im Mittel etwa $Q_T = 8{,}25^t$. Also ist $Q_L = 0{,}9\,.\,Q_T$. Es wird m_1 in Einheiten $\mu\,Q_L$, m_2 wieder wie m_z in Einheiten $\mu\,Q_T$ ausgedrückt. Die Gleichungen für die Richtkräfte am Drehgestell sind dann

$$m_1\,.\,2{,}5 + 2\cos\beta_1\,.\,2{,}5 + \frac{m_z}{0{,}9}\,.\,1{,}45 + 2s\,.\,\sin\beta_1 = 0,$$

$$0{,}9\,.\,m_1 + m_2 + 2\,.\,0{,}9\cos\beta_1 + 2\,.\,\cos\beta_2 + m_z + 2p = 0,$$

m_z hat den gleichen Wert wie am Hauptrahmen, aber mit umgekehrtem Vorzeichen. Für den Widerstand ergibt sich die

Gleichung
$$W = \frac{\mu Q_T}{R}\left(0{,}9\,x_1\,\frac{m_1}{1 + \mu^2\,(m_1 + \cos\beta_1)\cos\beta_1} + x_2\,\frac{m_2}{1 + \mu^2\,(m_2 + \cos\beta_2)\cos\beta_2} + x_4\,\frac{m_4}{1 + \mu^2\,(m_4 + \cos\beta_4)\cos\beta_4}\right).$$

Das Lokomotivgewicht ist $G = z\,Q_T = 6\,Q_T + 2\,.\,0{,}9\,Q_T = 7{,}8\,Q_T$.

Also ist der spezifische Widerstand $w = \dfrac{1000\,W}{7{,}8}$ kg/t.

Die Untersuchung zeigt, dafs die Lokomotive in allen Kurven Spiefsgang einnimmt.

Zusammenstellung der Rechnungsergebnisse.

R in m	200	400	600	800
$-x_1$ » »	1,25	1,25	1,25	1,25
$-x_2$ » »	3,79	4,39	4,77	4,47
e_2 » mm	3,8	1,9	1,27	0,95
e_3 » »	35,4	24,5	18,5	12,8
$\sigma + 15$ » »	49	40	34	28
$-m_1$ in Einheiten μQ_L	3,16	3,26	3,3	3,27
$-m_2$ » » μQ_T	1,78	1,94	2,0	1,954
$-m_3$ » » »	1,08	1,2	1,14	1,23
$+m_4$ » » »	1,2	0,588	0,1	0,48
w_{er} » kg/to	1,06	0,525	0,34	0,265
$w_{1a} = 210 : R$	1,05	0,525	0,35	0,263

Die Anordnung schräger Gleitflächen an der ersten Kuppelachse der T_{12} ist, wie aus der obigen Zusammenstellung ersichtlich, eine sehr günstige für den Kurvenwiderstand. Dadurch dafs p hinter dem Zapfen angreift, wird m_4 heruntergedrückt und m_2 erhöht. Andererseits entlastet p wiederum m_2 und belastet m_1. Da aber x_1 gegen x_2 bedeutend kleiner ist, bedeutet dies eine erhebliche Verminderung von w. Die Rückstellkraft durch schräge Gleitflächen ergibt also bei Krauss-Drehgestellen nicht nur besseren Lauf in der Geraden (es wird dadurch das häufig beobachtete einseitige Anlaufen des Drehgestells vermieden), sondern auch geringeren Widerstand in der Kurve.

Bei den folgenden Untersuchungen wird auf die Rechnung nur noch näher eingegangen, insoweit sie etwas Neues bringt.

b) 1 C-Lokomotive mit G-Kraussgestell bei Rückwärtsfahrt. (Vergl. Abb. 1, Taf. 37).

Die Kurveneinstellung ist hierbei eine wesentlich andere. Die Radialstellung liegt stets hinter der zweiten Achse (gerechnet von der vierten, voranlaufenden Achse aus!). Dadurch hat die zweite Achse stets das Bestreben, nach aufsen zu laufen. Diesem Bestreben wirkt die Rückstellkraft entgegen. Es tritt vollkommen freie Einstellung von Drehgestell und Hauptrahmen und Führung lediglich durch die vierte Achse ein. Nur bei R = 200 m ist durch das Gleisspiel der erforderliche Ausschlag der ersten Achse nicht mehr möglich, sie kommt innen zum Anlaufen. Hierdurch verschiebt sich die Radialstellung des Hauptrahmens etwas, und w erhöht sich um rund 5 % gegenüber der freien Einstellung. Die Ergebnisse der Rechnung enthält die Zusammenstellung.

Zusammenstellung der Rechnungsergebnisse.

R in m	200	400	600	800
$-x_4$ » »	4,0	3,95	3,95	3,95
$+x_1$ » »	0,68	0,08	0,08	0,08
$-m_4$ in Einheiten μQ_T	3,89	3,89	3,89	3,89
$-m_2$ » » »	1,2	1,17	1,17	1,17
m_1 » » μQ_L	1,0	—	—	—
w_{er} » kg/to	2,34	1,11	0,74	0,56
$w_{1b} = 460 : R$	2,3	1,15	0,77	0,58

Ein Vergleich der Konstanten k aus den Gleichungen w = k : R zeigt, dafs die T_{12} sich bei Rückwärtsfahrt bedeutend ungünstiger verhält als bei Vorwärtsfahrt, und zwar erhöht sich der Kurvenwiderstand um zirka 120 % gegenüber Vorwärtsfahrt. Ohne Rückstellkraft würde w_{1a} gröfser, w_{1b} kleiner sein. Soll daher die Lokomotive ebensoviel vorwärts wie rückwärts fahren, so würde es der Untersuchung bedürfen, ob die Verwendung schräger Gleitflächen noch vorteilhaft ist.

2. D-Lokomotive (T_{13}). (Hierzu Abb. 2, Taf. 37).

Die vierte Achse ist um 20 mm verschieblich. Die Raddrucke sind alle gleich grofs angenommen.

a) Vorwärtsfahrt.

In allen Kurven tritt natürliche Radialstellung ein ($-x_1 = 3,6$ m). Es läuft die erste Achse aufsen, die vierte Achse innen an; die dritte Achse läuft frei.

Wie weit müfste die Radialstellung nach vorne rücken, damit die vierte Achse sich gegen den Rahmen legen kann?

In diesem Falle läge die Lokomotive in einem Gleis von der Spur (σ — 20 mm) (Textabb. 17). Es ergibt sich dann

$$-x_{1\,max} = \frac{1}{2}a + \frac{R(\sigma - 0,02)}{a}.$$

Hieraus folgt für

R =	400	600	800 m
$-x_{1\,max} =$	3,018	2,524	(1,578 m)

Die Untersuchung zeigt, dafs die natürliche Einstellung bereits bei $x_1 = -3,6$ erreicht ist. Bei $-x_1 = 1,825$ läuft die dritte Achse schon aufsen an, daher ist $-x_1 = 1,578$ überhaupt nicht möglich. Das Ergebnis der Untersuchung zeigt nachfolgende Zusammenstellung:

R in m	200	400	600	800
$-x_1$ in m	3,6	3,6	3,6	3,6
$-m_1$ in Einheiten μQ	3,6	3,6	3,6	3,6
m_3 in Einh. μQ	—	—	—	—
m_4 » » »	1,82	1,82	1,82	1,82
w_{er} in kg/t	2,12	1,06	0,71	0,53
$w_{2a} = 424 : R$	2,12	1,06	0,71	0,53

Das Laufwerk der Güterzuglokomotive $G_8{}^1$ zeigt ungefähr die gleichen Abmessungen und Anordnung wie das der T_{13}. Da der Gesamtradstand der $G_8{}^1$ kleiner ist, wird auch w etwas kleiner sein.

b) Rückwärtsfahrt.

Bei R = 200 m (vergl. Abb. 2, Taf. 37) tritt Führung durch die vierte (voranlaufende!) und die erste Achse ein. Achse 4 legt sich gegen die Anschläge am Rahmen. Bei R = 400 ÷ 800 m läuft die vierte und dritte Achse aufsen an, die erste Achse läuft frei (natürliche Einstellung).

Zusammenstellung der Rechnungsergebnisse.

R in m	200	400	600	800
$-x_4$ in m	4,68	5,16	5,16	5,16
f_4 in mm	20	17,6	11,7	8,8
$-m_4$ in Einheiten μQ	4,44	1,98	1,98	1,98
$-m_3$ » » »	—	3,5	3,5	3,5
m_1 » » »	0,01	—	—	—
w_{er} in kg/t	3,01	1,52	1,02	0,76
$w_{2b} = 604 : R$	3,02	1,51	1,01	0,76

Wie aus den Konstanten der Gl. w_{2a} und $w_{2b} = k : R$ ersichtlich, ist für Rückwärtsfahrt der Kurvenwiderstand der T_{13} um 42,5 % höher als bei Vorwärtsfahrt. Auch hier wäre gleicher Widerstand für Vorwärts- und Rückwärtsfahrt dadurch zu erreichen, dafs alle Achsen fest angeordnet, die Spurkränze der zweiten und dritten Achse schwächer gedreht würden. Dieser Laufwerksanordnung steht nichts im Wege. Der Kurvenwiderstand würde dann zwischen w_{2a} und w_{2b} liegen.

3. E-Lokomotive (T_{16}). (Hierzu Abb. 3, Taf. 37.)

Die erste und fünfte Achse sind seitlich um 26 mm verschieblich. Die Rechnung bietet gegenüber dem Bisherigen nichts Neues. Die natürliche Einstellung des festen Radstandes liegt bei $-x_2 = 3$ m. Die erforderliche Verschieblichkeit der ersten Achse, deren Abstand von der zweiten Achse 1,45 m ist, beträgt

$$e_1 = \frac{1,45}{R}\left(-x_2 + \frac{1}{2} \cdot 1,45\right) \text{ m.}$$

Für $-x_2 = 3$ m wird $e_1 = 26$ mm bei R = 208 m. Bei R = 200 m führt daher die erste und die zweite Achse. Aus obiger Gleichung ergibt sich dann bei $e_1 = 26$ mm $-x_2 = 2,86$ m.

Die letzte Achse ist 4,45 m von der zweiten Achse entfernt. Ihr Abstand von der Aufsenschiene ist

$$e_5 = 0,026 + \frac{4,45}{R}\left(2,86 - \frac{1}{2} \cdot 4,45\right) = 0,046 \text{ m.}$$

Da $\sigma = 34$ mm $< e_5$ ist, läuft also die fünfte Achse stets innen an, ohne sich gegen den Rahmen zu legen.

Zusammenstellung der Rechnungsergebnisse.

R in m	200	400	600	800
$-x_1$ in m	4,31	4,45	4,45	4,45
$-m_1$ in Einheiten μQ	2,76	1,97	1,97	1,97
$-m_2$ » » »	2,99	4	4	4
m_4 » » »	—	—	—	—
m_5 » » »	1,78	1,74	1,74	1,74
w_{er} in kg/t	2,48	1,26	0,84	0,63
$w_{3a} = 500 : R$	2,5	1,25	0,835	0,625

Die Güterzuglokomotive G_{10} weicht von der T_{16} kaum ab. Die Abstände der Achsen sind dort 1500 mm gegen 1450 mm bei der T_{16}. Die Verschieblichkeit der Endachsen ist dort 28 mm. Der Kurvenwiderstand der G_{10} wird also etwas gröfser sein als der der T_{16}.

Die Laufwerksanordnung der T_{16}, bei der die erste und fünfte Achse verschieblich ist, erscheint für die Tenderlokomotive als die richtige aus Rücksicht auf gleich gute Vorwärts- und Rückwärtsfahrt. Für Vorwärtsfahrt allein ist es indessen vorteilhafter, statt der ersten die zweite Achse verschieblich zu machen. Es ergibt die Untersuchung die in Abb. 3, Taf. 37 gestrichelt eingezeichneten Kurveneinstellungen, welche zeigen, dafs die erste und zweite Achse stets aufsen, die fünfte Achse stets innen, aufserdem die vierte Achse noch bei R = 200 m innen anläuft.

Die Ergebnisse der Rechnung sind folgende:

R in m	200	400	600	800
$-x_1$ in m	3,74	4,2	4,2	4,2
$-m_1$ in Einheiten μQ	3,24	3,34	3,34	3,34
$-m_2$ » » »	1,9	1,92	1,92	1,92
m_4 » » »	1,06	—	—	—
m_5 » » »	1,88	1,8	1,8	1,8
w_{er} in kg/t	2,2	1,2	0,8	0,6
$w_{3b} = 460 : R$	2,3	1,15	0,77	0,58

Es zeigt sich, dafs in allen Kurven die Radialstellung gegenüber der T_{16} mehr nach vorne, also in eine für den Kurvenwiderstand günstigere Lage gedrückt wird. Aus den Konstanten k der Gl. w_{3a} und w_{3b} ergibt sich eine Verminderung von w durch obige Abänderung um 12,5 %. Abgesehen hiervon erzielt man durch die Abänderung auch noch eine gröfsere geführte Länge und damit einen ruhigeren Lauf in der Geraden. Mit einer Achsverschieblichkeit von 26 mm, wie sie bei der T_{16} vorhanden ist, kommt man auch bei der abgeänderten Achsanordnung reichlich aus. Für die G_{10} dürfte daher die letzte Art der Achsanordnung die richtigere sein. Wegen der um weniges gröfseren Achsabstände wird eine Schwächung des Spurkranzes der dritten Achse erforderlich sein, die aber auch bei der jetzigen Ausführung schon vorhanden ist.

4a. 1 D 1-Lokomotive

mit schwenkbaren Laufachsen (Abb. 4, Taf. 37). Es sind Bisselachsen angenommen mit einer Deichsellänge von 1900 mm. In dieser Art ist diese Lokomotive als $T_{14}{}^1$ gebaut mit der Abweichung, dafs die Laufachsen nach Textabb. 18 angelenkt sind. Hierbei sind die Bögen der Punkte B und C um A durch Bögen um D und E ersetzt. Es sind dann entweder die Zapfen bei B und C ohne Spiel gelagert, wobei der Zapfen A in einem Langloch geführt ist und aufserdem noch etwas seitliches Spiel besitzen mufs (z. B. $T_{14}{}^1$), oder A besitzt kein Seitenspiel, und die Zapfen B und C bewegen sich ebenfalls in Langlöchern (z. B G_{12}). Die Kräfteübertragung auf den Hauptrahmen ist in beiden Fällen eine andere. Die genaue Verfolgung der Verhältnisse wird nur verwickelt, ohne das gesamte Ergebnis wesentlich zu beeinflussen. In Anbetracht der sonstigen Vernachlässigung viel wichtigerer Einflüsse ist daher auch im folgenden bei allen Bisselachsen A allein als fester Drehpunkt angenommen.

Die Rückstellung der Laufachsen geschieht bei der $T_{14}{}^1$ durch Blattfedern. Die Rückstellkraft $p = P : \mu Q$ für die ganze Achse in Abhängigkeit des Seitenausschlages f ist in Textabb. 20 aufgetragen.

Die Radialstellungen der Laufachsen ergeben sich nach Textabb. 19 für die erste Achse zu

$$x_1 = (d_1{}^2 - x_2^2 - l^2) : 2 \times l$$

x_2 wird vorbehaltlich späterer Änderung angenommen. Der seitliche Ausschlag ist $f_1 = l\varphi$. Ferner ist $R\varphi = d_1 + l + x_1$. Also folgt

$$f_1 = (d_1 + l + x_1)\frac{l}{R}.$$

Für die Hinterachse gilt $f_6 = (d_6 + l - x_6)\frac{l}{R}$. Wenn x_2 genommen ist, ist d_6 bekannt; es ist dann leicht f_6 und x_6 zugehörig so zu bestimmen, dafs die Gleichgewichtsbedingungen erfüllt sind.

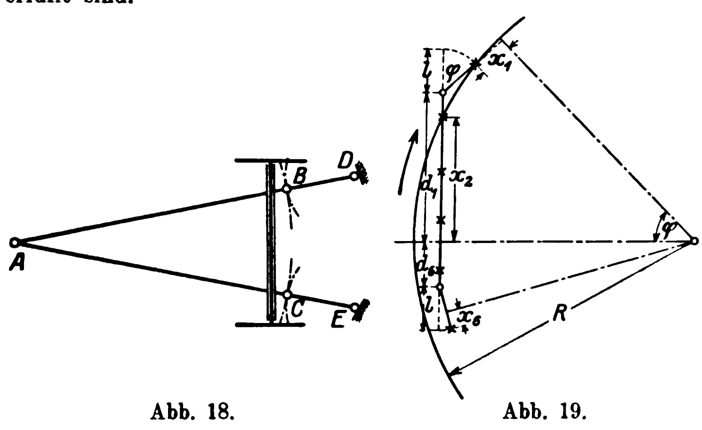


Abb. 18. Abb. 19.

In den Gleichungen für die Richtkräfte ist die Abweichung der einzelnen Kraftrichtungen von der Fahrzeuglängsachse und senkrecht dazu infolge des Ausschlags f vernachlässigt.

Die Untersuchung zeigt, dafs der Hauptrahmen in allen Kurven natürliche Radialstellung einnimmt. Die Radialstellung ist aber für jede Kurve eine andere, da mit R auch f und p sich ändern. Jedoch liegen die Werte x_2 unwesentlich voneinander, so dafs mit einem mittleren $x_2 = -3{,}75$ m gerechnet ist. Die Werte für m_5 sind daher nicht genau 0, sondern weichen auf der zweiten Dezimalen um einen geringen positiven oder negativen Betrag von 0 ab. Dennoch ist mit $-x_2 = 3{,}75$ gerechnet, was auf das Gesamtergebnis keinen nennenswerten Einflufs hat.

Zusammenstellung der Rechnungsergebnisse:

R in m	200	400	600	800
x_1 » »	0,1	0,1	0,1	0,1
$-x_2$ » »	3,75	3,75	3,75	3,75
x_6 » »	0,65	0,08	0,1	0,11
f_1 » mm	59,4	29,7	19,8	14,85
f_6 » »	23,7	14,7	10,0	7,7
$-m_1$ » Einheiten μQ	2,1	1,42	1,2	1,08
$-m_2$ » » »	1,428	2,286	2,574	2,722
m_5 » » »	—	—	—	—
m_6 » » »	1,112	—	—	—
w_{er} » kg/t	0,472	0,366	0,282	0,226
$w_{4a} = 200 : (R + 250) + 0{,}05$	0,495	0,358	0,285	0,24

Die Zusammenstellung der Rechnungsergebnisse zeigt, dafs w sehr gering ist und sich kaum mit R ändert. Es geht hieraus hervor, wie äufserst vorteilhaft die Anordnung von Schwenkachsen ist. Infolge des geringen Wertes von x_1 ist eine Erhöhung von m_1 und damit eine Verringerung von m_2 (absolut genommen!) sehr erwünscht, was durch Erhöhung der Rückstellkraft erreicht wird. Es wird dadurch w erheblich herabgesetzt. (Bei Erhöhung von P auf das doppelte ergibt sich beispielsweise für

R = 400	600	800 m
w = 0,212	0,21	0,193 kg/t,

also ein fast konstanter Wert.) Denn es ergibt sich ja im vorliegenden Falle ein negativer Beitrag der ersten Achse zu w, da x_1 positiv ist, d. h. die erste Achse überradial steht. Dies wiederum zeigt den Vorteil eines kurzgehaltenen Deichselarmes. Die Erhöhung von m_1 darf natürlich keine für die Entgleisung gefährliche Gröfse erreichen. Ein unruhiger Kurvenlauf durch Verkürzung von l ist auch durch entsprechende Gröfse von P zu vermeiden. Je höher P ist, desto ruhiger ist auch dazu der Lauf in der Geraden. Bei R = 200 m wird die sechste Achse durch das innere Gleis gehindert, sich der radialen Einstellung zu nähern und läuft an. Hierdurch wird w um ca. 11% erhöht. Bei kürzerem Deichselarm würde bei gleichem Ausschlag f_6 der Wert x_6 kleiner, also auch die Erhöhung von w kleiner werden. Natürlich ist der Verkürzung der hinteren Deichsel eine Grenze gesetzt dadurch, dafs sie bei Rückwärtsfahrt auch als vordere Deichsel laufen mufs. Als Schlufsfolgerung ergibt sich also, dafs es für jede Lokomotive mit Schwenkachsen eine günstigste Bemessung der Rückstellfedern und Deichsellängen gibt, die von Fall zu Fall zu untersuchen ist.

4b. 1 D 1 - Lokomotive

mit vorderem Krauss-Drehgestell und hinterer Adamsachse (Abb. 5, Taf. 37). Die Lokomotive entspricht der jüngst gebauten P_{10}. Bezüglich der Rechnung sei kurz auf folgendes hingewiesen. Der ideelle Drehpunkt der Adamsachs liegt 2000 mm vor der Achse. Die Rückstellung geschieht durch eine Spiralfeder. Die Achse läuft in allen Kurven frei. Ihre Radialstellung liegt kurz vor der Achse. Die Kraftkomponente $2\,\mu Q_L \cos\beta$ ist mit der Rückstellkraft P im Gleichgewicht. Die Kräfte $\mu Q_L \sin\beta$ übertragen sich direkt durch die Lager auf den Rahmen. Ihre Richtungsabweichung von Fahrzeuglängsachse kann vernachlässigt werden. Der Drehgestellzapfen ist nach jeder Seite 75 mm verschieblich und wird durch Blattfedern in Mittelstellung gehalten. Hierdurch wird die Untersuchung in engen Kurven etwas weniger einfach. Aufserdem ist die vordere Laufachse in gleicher Weise wie die Adamsachse durch eine Spiralfeder in Mittelstellung gehalten. Die Verschiedenheit der Raddrucke ist in Rechnung gezogen und zwar $Q_L = 0{,}88\ Q_T$. Die Federkräfte p sind aus Textabb. 20 ersichtlich. Für die Blattfedern am Drehgestellzapfen ist p in Einheit μQ_T, für die Spiralfedern an den Laufachsen in Einheit μQ_L über die Verschiebung f des Angriffspunktes der Feder aus Hauptrahmenmitte aufgetragen. Im übrigen erfordert der Rechnungsgang gegen die früheren Rechnungen nichts Neues.

Zusammenstellung der Rechnungsergebnisse.

R in m	200	400	600	800
$-x_1$ » »	1,4	1,4	1,4	1,4
$-x_2$ » »	6,37	7,35	7,65	8,4
x_6 » »	0,43	0,08	0,07	0,06
f_1 » mm	114,6	78,9	69,2	59,3
f_2 » »	70	53	51,3	44,6
f_6 » »	34	14	9,3	6,9
$-m_1$ » Einheiten μQ_L	3,464	3,166	2,696	3,008
$-m_2$ » » μQ_T	2,444	2,3	2,648	2,22
$-m_3$ » » »	—	—	0,1	0,208
$-m_4$ » » »	—	1,86	1,9	1,94
m_5 » » »	0,324	—	−0,825	−1,854
m_6 » » μQ_L	0,35	—	—	—
w_{er} in kg/t	1,55	0,97	0,75	0,645
$w_{4b} = 240 : R + 0{,}35$	1,55	0,95	0,75	0,65

Bei R = 200 m laufen also die erste, zweite, fünfte und sechste Achse an. Die vierte verschiebliche Achse kommt noch nicht zum Anlaufen. Bei R = 400 m reicht das Seitenspiel der vierten Achse von 25 mm aus, diese aufsen anlaufen zu lassen. Die fünfte und sechste Achse läuft frei. Bei R = 600 und 800 m reicht die Federkraft am Zapfen nicht mehr aus (da die Verschiebung f_2 zu klein ist), um die dritte Achse von der Schiene abzuhalten; auch Achse 3 läuft aufsen an. Durch die Federkräfte des Drehgestells wird ferner noch der Hauptrahmen so weit gedreht, dafs auch die fünfte Achse aufsen anläuft. Die sechste Achse allein läuft frei. Die Untersuchung zeigt, dafs der Widerstand der P_{10} selbst noch bei Berücksichtigung des gröfseren Radstandes erheblich höher ist, als der der T_{14}[1]. Dies liegt vor allem daran, dafs das Krauss-Gestell niemals eine radiale Einstellung der vorderen Laufachse gestattet. Bei der P_{10} ist z. B. durch die Abmessungen des Drehgestells stets $x_1 = -1{,}4$ m, während bei Schwenkachsen

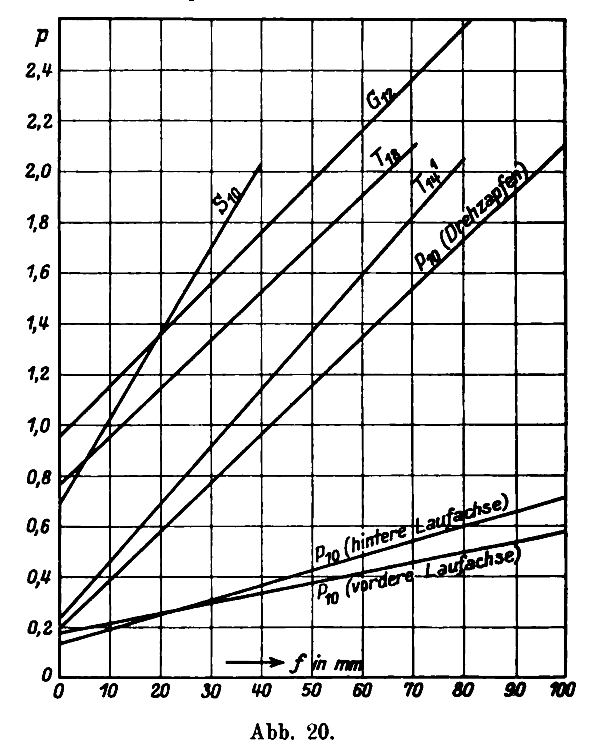


Abb. 20.

x_1 sogar positiv gemacht werden kann, so dafs der Beitrag zu w negativ wird. Bezüglich des Kurvenwiderstandes müssen daher die Schwenkachsen vor den Krauss-Gestellen den Vorzug erhalten. Immerhin wäre bei der P_{10} noch w zu erniedrigen durch stärkere Rückstellkraft der vorderen Laufachse. Hierdurch würde m_1 erhöht, m_2 heruntergesetzt. Ersteres ist noch gut zulässig, letzteres sehr erwünscht, da auf m_2 im vorliegenden Falle infolge des grofsen x_2 mehr als 60% des gesamten Widerstandes entfallen. Auch an den übrigen Rädern könnte dadurch eine Verkleinerung von w erreicht werden.

Ob es nicht zweckmäfsiger wäre, den Spurkranz der dritten Achse ungeschwächt auszuführen unter gleichzeitiger Erhöhung der Drehgestellfederkräfte und Fortfall der Rückstellkraft der Adamsachse, möge hier nicht weiter erörtert werden. Zur Verhütung des Anlaufens der Adamsachse stände auch einer Verkleinerung des Abstandes des ideellen Drehpunktes von der Achse wohl nichts im Wege.

5. 1 E-Lokomotive

mit vorderer Bisselachse. Der Hauptrahmen ist an der Schwenkachse mit Pendeln nach Textabb. 21 aufgehängt. Die Rückstellwirkung hierdurch ist ohne weiteres zu erkennen. Die Gröfse der Rückstellkraft p für die ganze Achse als Funktion des Seitenausschlags f ist in Textabb. 20 dargestellt (G_{12}). Es ist p in Einheiten μQ_L aufgetragen, wobei Laufraddruck $Q_L = 6{,}5$ t, $\mu = 0{,}2$ eingesetzt ist. Alle übrigen in Frage kommenden Daten enthält Abb. 6, Taf. 37. Die Verschiedenheit der Lauf- und Triebraddrucke ist in der Rechnung berücksichtigt, und zwar mit $Q_L = 0{,}814\ Q_T$.

Die Lokomotive nimmt im allgemeinen natürliche Radialstellung ein, wobei die erste, zweite, dritte und sechste Achse anlaufen. Die genauen Radialstellungen weichen nur unwesentlich von $-x_2 = 4$ m ab. Bei R = 200 m tritt Spiefs-

gang auf. Es wird aber infolge der Rückstellkraft m_2 gerade ~ 0. Das Ergebnis der Rechnung ist aus der Zusammenstellung ersichtlich.

Zusammenstellung der Rechnungsergebnisse.

R in m	200	400	600	800
x_1 » »	0,332	0,395	0,395	0,395
$-x_2$ » »	3,76	4	4	4
f_1 » mm	62	32,8	21,8	16,4
$-m_1$ » Einheiten μQ_L	1,922	1,354	1,134	1,034
$-m_2$ » » μQ_T	—	0,268	0,406	0,469
$-m_3$ » » »	1,89	1,91	1,91	1,91
m_5 » » »	1,678	—	—	—
m_6 » » »	1,864	1,86	1,86	1,86
w_{er} » kg/t	0,82	0,41	0,285	0,22
$w_5 = 180:(R+20)$	0,818	0,428	0,29	0,22

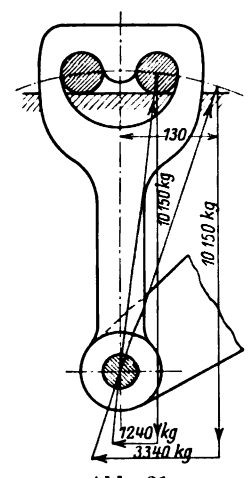


Abb. 21.

Die Konstruktion der Wiegenaufhängung zeigt sich als eine sehr vorteilhafte für den Kurvenwiderstand. Die Rückstellkraft P wächst bedeutend weniger stark mit f und ermöglicht vor allem einen viel höheren Wert P für f = 0, als es bei Blattfedern möglich ist. Hierdurch ist eine gleichmäfsigere Entlastung von m_2 bei den verschiedenen Kurven radien möglich. Diese Entlastung kann für kleine Ausschläge der Achse (R = 800 m) schon grofs genommen werden, ohne für gröfsere Ausschläge zu stark zu werden, so dafs $m_2 < 0$ würde (absolut genommen!).

6. 2 C-Lokomotive

mit zweiachsigem vorderem Drehgestell (S_{10}[1]). Die Achsdrucke, -abstände usw. sind aus Abb. 4, Taf. 36 ersichtlich. Die Blattfedern für den Drehgestellzapfen sind mit etwa 1200 kg Vorspannung eingesetzt und haben bei $f_z = 40$ mm eine Spannkraft von 3600 kg oder $2{,}02\ \mu Q_T$, wenn $Q_T = 8{,}5$ t, $\mu = 0{,}2$ eingesetzt wird. Die Federkraft p als Funktion des Drehzapfenausschlags f_z ist in Textabb. 20 in Einheiten μQ_T eingetragen. Die Rechnung ist äufserst einfach. Die natürliche Radialstellung des Hauptrahmens liegt bei $-x_3 = 3{,}5$ m. Hierbei ist p = 1,94, entsprechend $f_z = 37$ mm. Die natürliche Radialstellung des Drehgestells bei p = 1,94 liegt bei $-x_1 = 2{,}13$ m. Bei R = 200 m läuft die erste Achse aufsen, die dritte und fünfte Achse innen an; der Drehgestellzapfen legt sich gegen den Drehgestellrahmen. Bei R = 400 m läuft Achse 1 allein an. Bei R = 600 m läuft Achse 3 bereits aufsen an. Hierdurch wird p kleiner und die natürlichen Radialstellungen von Drehgestell und Hauptrahmen verschieben sich etwas. Das Ergebnis der Rechnung enthält die folgende Zusammenstellung:

R in m	200	400	600	800
$-x_1$ » »	2,09	2,13	2,16	2,2
$-x_3$ » »	2,35	3,5	3,7	3,8
f_z » mm	40	37	32,5	24,8
$-m_1$ » Einheiten μQ_L	3,992	3,888	3,78	3,594
$+m_3$ » » μQ_T	0,886	—	$-0{,}324$	$-0{,}784$
m_5 » » »	0,824	—	—	—
w_{er} » kg/t	0,865	0,435	0,323	0,28
$w_6 = 150:R+0{,}1$	0,85	0,475	0,35	0,288.

Q_L ist zu $\frac{15}{17} Q_T$ in Rechnung gesetzt.

Die zweiachsigen Drehgestelle sind, wie ersichtlich, für den Kurvenwiderstand äufserst vorteilhaft. Es wird w um so geringer, je kleiner der Achsstand der Drehgestelle ist. Der Kurvenwiderstand kann zwar nie so gering werden, wie es bei Schwenkachsanordnung (vergl. T_{14}[1]) erreichbar ist. Dafür haben aber die zweiachsigen Drehgestelle den Vorteil der ruhigeren Führung. Die Abnutzung der Radreifen ist gleich der Widerstandsarbeit. Diese ist für die Bogeneinheit WR = const., wenn nur die erste Achse des Drehgestells führt, z. B. bei R = 400 m, und wächst bei R = 800 um 29 %. Abgesehen von der Geschwindigkeit, die für die Wahl der Kurvenradien ins Gewicht fällt, würden für Lokomotiven mit vorderem zweiachsigem Drehgestell engere Kurven (d. h. solche, in denen nur die erste Laufachse anläuft) am günstigsten sein bezüglich des Widerstandes und damit der Radreifenabnutzung.

Die Bemessung der Rückstellfedern des Drehgestells der S_{10}[1] mufs nach dem Ergebnis der Untersuchung als zweckmäfsig betrachtet werden. Wenn allerdings enge Kurven (vergl. R = 200 m) nicht durchfahren zu werden brauchten, würde nach dem oben Gesagten zwar eine Verstärkung der Federn noch vorteilhaft sein. Bei R = 200 m legt sich, wie schon erwähnt, der Drehzapfen gegen den Drehgestellrahmen. Er drückt die zweite Achse nach aufsen und erhöht m_1, verkleinert aber auch x_1. W wird durch diese Einstellung zwar erniedrigt, aber äufserst wenig (w = 0,865 gegen 0,87 bei Führung durch Achse 1 allein, wenn dies durch genügendes Spiel im Gleis möglich wäre).

Die Anbringung einer hinteren Laufachse beim Übergang zur 2 C 1-Type ist kaum von nennenswertem Einflufs auf w, solange diese Achse sich frei im Gleis einstellen kann. Kommt sie zum Anlaufen, was bei engen Kurven eintreten kann, wenn der zur freien Einstellung erforderliche Seitenausschlag durch das Gleisspiel nicht ermöglicht wird, oder wird eine Rückstellvorrichtung angebracht, so wird w stärker vergröfsert. Die Gröfse einer eventuellen Rückstellkraft fällt für w am meisten ins Gewicht. Der Kurvenwiderstand ist am kleinsten für die Rückstellkraft P = 0.

7. 2 C 2 Lokomotive

mit vorderem und hinterem zweiachsigen Drehgestell (T_{18}). Die Lokomotive ist, wie aus Abb. 5, Taf. 36 ersichtlich, mit symmetrischem Laufwerk gebaut. Die Raddrücke sind alle gleich zu 7,5 t in Rechnung gesetzt, so dafs der errechnete Widerstand etwa als Mittelwert für Vorwärts- und Rückwärtsfahrt angesehen werden kann. Die Rückstellfeder für die Drehgestellzapfen übt die in Textabb. 20 dargestellte Kraft p in Einheiten μQ aus beim Ausschlag f_z aus der Mittelstellung. Bei R = 200 m wird die Triebachse von der Aufsenschiene infolge des beschränkten Seitenausschlages der Drehzapfen abgezogen. Es laufen die erste und sechste Achse aufsen, die fünfte innen an. Die am hinteren Drehzapfen auftretende Richtkraft verschiebt den Zapfen um 1,9 mm nach aufsen. Bei R > 200 m tritt zunächst natürliche Einstellung auf, d. h. Führung durch erste und sechste Achse allein; bei R = 400 m läuft aber bereits die dritte Achse aufsen an. Bei Nichtanlaufen der fünften Achse wird die Richtkraft am hinteren Drehzapfen nie gröfser als die Vorspannkraft, so dafs dann ein Ausschlag des hinteren Drehzapfens aus Mittelstellung nicht erfolgt. Die Richtungsabweichung der Zapfendrücke von der Senkrechten auf die Längsachse der Lokomotive bzw. der Drehgestelle ist vernachlässigt; die Zusammenstellung zeigt das Ergebnis der Untersuchung.

Zusammenstellung der Rechnungsergebnisse.

R in m	200	400	600	800
$-x_1$ » »	2,1	2,2	2,3	2,4
$-x_3$ » »	3,5	3,71	3,71	3,71
$-x_6$ » »	2,35	2,5	2,5	2,5
f_z vorn in mm	70	37,5	25,2	19
f_z hinten in mm	1,9	—	—	—
$-m_1$ in Einheiten μQ	3,944	3,56	3,438	3,378
$-m_3$ » » »	—	1,02	1,36	1,754
m_5 » » »	0,652	—	—	—
$-m_6$ » » »	3,1	2,864	2,824	2,686
w_{er} » kg/t	1,26	0,72	0,51	0,41
$w_7 = 360:(R+90)$	1,24	0,735	0,521	0,405.

Zusammenstellung der Widerstandswerte für Lokomotiven.

Lfd. Nr.	Type	Bezeichnung	Besondere Angaben	Fahrtrichtung	w in kg/t für R = 200 m	400 m	600 m	800 m	w_n
1 a	1 C	T_{12}	Vorderes Krauss-Drehgestell	Vorwärts	1,06	0,525	0,34	0,265	210 : R
1 b	1 C	T_{12}	Vorderes Krauss-Drehgestell	Rückwärts	2,34	1,11	0,74	0,56	460 : R
2 a	D	T_{13}	Vierte Achse verschieblich	Vorwärts	2,12	1,06	0,71	0,53	424 : R
2 b	D	T_{13}	Vierte Achse verschieblich	Rückwärts	3,01	1,52	1,02	0,76	604 : R
3 a	E	T_{16}	Erste und fünfte Achse verschieblich	Vorwärts	2,48	1,26	0,84	0,63	500 : R
3 b	E	—	Zweite und fünfte Achse verschieblich	„	2,2	1,2	0,8	0,6	460 : R
4 a	1 D 1	$T_{14}{}^1$	Erste und sechste Achse schwenkbar	„	0,472	0,366	0,282	0,226	$\frac{200}{R+250}+0{,}05$
4 b	1 D 1	P_{10}	Vorderes Krauss-Gestell und hintere Adamsachse	„	1,55	0,97	0,75	0,645	$\frac{240}{R}+0{,}35$
5	1 E	G_{12}	Vordere Bisselachse	„	0,82	0,41	0,285	0,22	$\frac{180}{R+20}$
6	2 C	$S_{10}{}^1$	Vorderes zweiachsiges Drehgestell	„	0,865	0,435	0,323	0,28	$\frac{150}{R}+0{,}1$
7	2 C 2	T_{18}	Zweiachsiges Drehgestell vorn u. hinten	„	1,26	0,72	0,51	0,41	$\frac{360}{R+90}$

Es ergibt sich, dafs die Abmessungen der T_{18} für eine Drehgestellanordnung als zweckmäfsig angesehen werden müssen. In ihrer früheren Ausführung mit 40 mm Drehzapfenverschieblichkeit war sie für engere Kurven durchaus ungeeignet. Schon bei 70 mm Verschieblichkeit zeigt sich ein Anlaufen der fünften Achse in Kurven von 200 m Radius. Diese Kurveneinstellung darf als »gezwängt« bezeichnet werden. Allerdings ist im vorliegenden Fall der Einflufs nur gering. Er erhöht w gegenüber der natürlichen Einstellung von 1,23 kg/t auf 1,26 kg/t, also nur um 2,4 %. Er wächst aber stark mit der Verringerung der Zapfenverschieblichkeit und kann den Schienendruck am ersten Rade über das für die Entgleisung kritische Mafs steigern. Der vordere Zapfendruck bei R = 200 m ist 3470 kg. Eine Erhöhung der maximalen Federspannung von 3160 auf etwa 3400 kg in Verbindung mit einer starken Erhöhung der Vorspannkraft könnte noch als vorteilhaft für w bei gröfseren Kurvenradien erscheinen, worauf ja bei den früher behandelten Lokomotiven schon hingewiesen wurde.

Eine Schwächung des Spurkranzes der vierten Achse ist, wie auch aus Abb. 5, Taf. 36 ersichtlich, bei einer Drehzapfenverschieblichkeit von 70 mm nicht erforderlich. Immerhin erscheint sie nicht unzweckmäfsig für den Übergang von Vorwärts- in Rückwärtsfahrt und umgekehrt.

Zusammenfassung.

Aus den Kurven der Abb. 2, Taf. 36 ist die Verschiedenartigkeit des Kurvenwiderstandes der Lokomotiven je nach der Art des Laufwerks ersichtlich. Sie sollen aber keineswegs die Verhältnisse darstellen, wie sie bei dem Kurvenlauf der Lokomotiven tatsächlich auftreten. Dafür spielen noch zu viele andere wichtige Faktoren mit, wie Massenkräfte, Zugkräfte und auch die Wirkung der Tenderkupplung*). Die Untersuchung ihrer Einflüsse auf den Kurvenwiderstand mufs einer besondern Arbeit vorbehalten bleiben. Bezüglich der Zugkraft sei noch beiläufig darauf hingewiesen, dafs Uebelacker (im Organ für die Fortschritte des Eisenbahnwesens, Beilage 1903) durch Addition der Arbeiten aller Einzelkräfte am Fahrzeug beim Durchlaufen einer Kurve errechnet, dafs beispielsweise bei einer steifachsigen D-Lokomotive mit zunehmender Zugkraft der Widerstand erst langsam wächst, von einer Zugkraft $Z = 5\,\mu Q$ aber erheblich zunimmt und bei $Z = 6{,}2\,\mu Q$ um etwa 27 % gröfser ist als bei leerlaufender Lokomotive. Für Belastungstafeln, Fahrpläne und dergl. wird eine Schätzung von w an Hand der Kurven genügen, da w an sich nicht sehr grofs ist und auch die Lokomotive im Verhältnis zum Zuggewicht von geringer Bedeutung ist. Viel wichtiger erscheint es, durch die Untersuchungen ein Mittel zur Beurteilung der einzelnen Laufwerkskonstruktionen gegeben zu haben, da doch immerhin angenommen werden kann, dafs die tatsächlichen Verhältnisse bei den einzelnen Typen sich wie die bei dem untersuchten theoretischen Fall verhalten werden.

*) Dr. Ing. Heumann: „Zum Verhalten von Eisenbahnfahrzeugen in Gleisbogen" (Organ f. d. F. d. E. 1913).

Anhang.

Einflufs der Fliehkraft.

Da die bei der Kurvenbewegung auftretende Fliehkraft der ausgeführten Gleisüberhöhung nicht bei allen Geschwindigkeiten entsprechen kann, so tritt im allgemeinen eine nach aufsen oder innen gerichtete Zentralkraft auf, die selbstverständlich wie jede andere am Fahrzeug angreifende äufsere Kraft in die Gleichung zur Bestimmung der Richtkraft an einem führenden Rad (Gl. 7 und 7a) eingeht. Als höchstes Mafs des Unterschiedes zwischen erforderlicher und wirklich vorhandener Überhöhung kann 85 mm angesehen werden für V = 120 km/Std., R = 1300 m und einer ausgeführten Überhöhung von 45 mm. Der Einflufs der freien Fliehkraft auf den Kurvenwiderstand ist um so gröfser je kleiner der Radstand ist, am gröfsten also bei dem zweiachsigen Drehgestell (2,5 m Radstand) eines D-Zugwagens. Die freie Fliehkraft, in der Mitte des Drehgestells am Zapfen angreifend, ist $C_{max} = 4\,Q \,.\, 85 : 1435 = 0{,}236\,Q$ oder $= 0{,}236 : \mu$ in Einheiten $Q\mu$. Gl. 6) wird in der Form $w = (1000\,\mu : zR)\,xB$ geschrieben. Mit Berücksichtigung von C_{max} werde $B = B'$ und $x = x'$. Dann ist der Einflufs von C_{max} gegeben durch $\xi_F = x'B' : xB$. Die Werte sind nachstehend zusammengestellt:

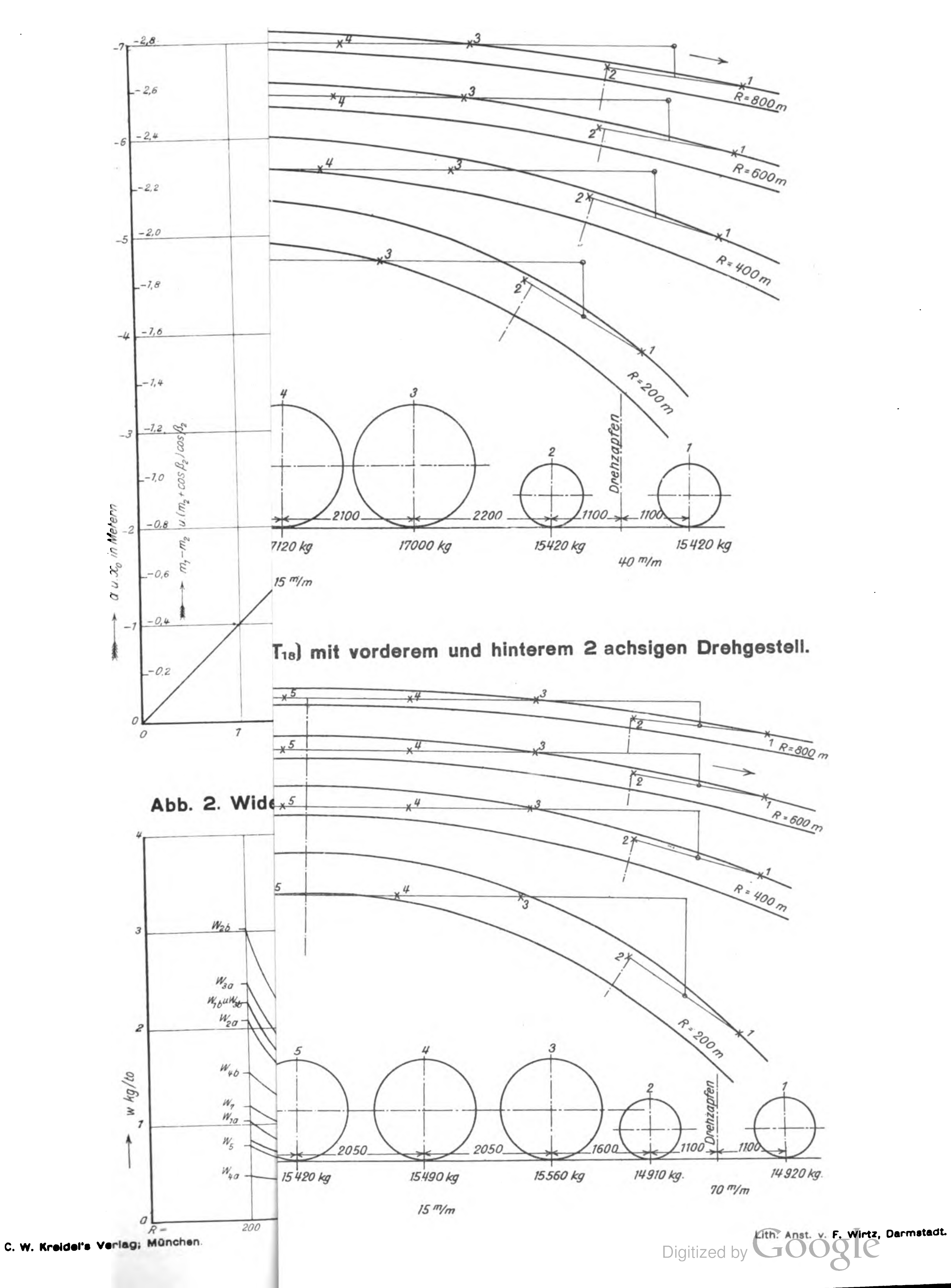
μ	x	x B	x'	x'B'	ξ_F
1/4	2 8	7,32	2,65	8 32	1,135
1/5	2.8	7,32	2,6	8,45	1,15
1/6	2,8	7,32	2,55	8,6	1,17

Der Widerstand ändert sich kaum mit μ, er erhöht sich äufsersten Falles um etwa 15 %. Die Fliehkraft ruft auch eine Veränderung der Achsdrucke hervor, auch für $C = G\,tg\,\alpha$. Nur ist für den letzten Fall der Einflufs an allen Rädern gleich. In jedem Falle ist er sehr gering und spielt keine Rolle.

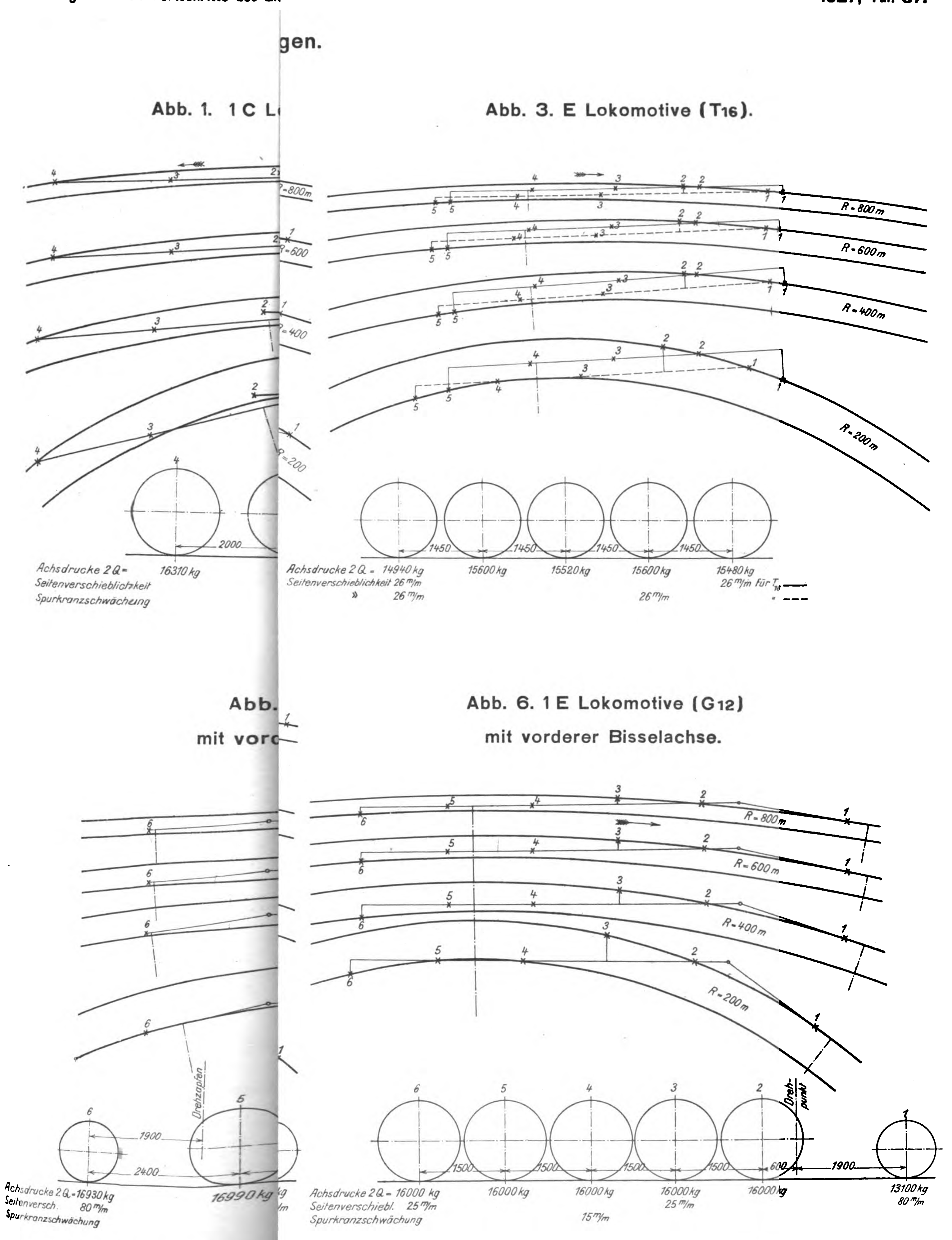
Für die Schriftleitung verantwortlich: Reichsbahnoberrat Dr. Ing. H. Uebelacker in Nürnberg. — C. W. Kreidel's Verlag in München.
Druck von Carl Ritter, G. m. b. H. in Wiesbaden.

lfahrzeugen.

›motive (S_{10}^1) mit vorderem 2achsigen Drehgestell.



gen.



C. W. Kreidel's Verlag; München.
Lith. Anst. v. F. Wirtz, Darmstadt.

1927
82. Jahrgang.

Heft 19
15. Oktober

ORGAN
FÜR DIE
FORTSCHRITTE DES EISENBAHNWESENS

TECHNISCHES FACHBLATT
DES VEREINS DEUTSCHER
EISENBAHNVERWALTUNGEN



HERAUSGEGEBEN VON
DR. ING. H. UEBELACKER
C. W. KREIDEL'S VERLAG · MÜNCHEN

Inhaltsverzeichnis:

Bericht über die Tagung des Technischen Ausschusses des Vereins Deutscher Eisenbahnverwaltungen in Saßnitz am 1. bis 3. Juni 1927. 363.
Jahresringbreite und Festigkeit des Kiefernholzes. Liese. 367.
Der heutige Stand der Holztränkung. J. Dehnst. 369.
Tränkung von Eisenbahnschwellen in Amerika. Dr. Ing. Friedrich Moll. 373.
Erhöhung der Fahrzeiten der Personenzüge bei der D. R. G. 374.
Schwellentränkzug der italienischen Staatsbahnen. 374.
Schneeschutz bei Gebirgsbahnen. 375.
Der amerikanische Fahrzeugbau im Jahr 1926. 377.
Die Personenzuglokomotiven bei der Baltimore und Ohio Bahn von 1893 bis 1927. 378.
1 D 1 - h 2 v Güterzuglokomotive der Argentinischen Zentralbahn. 378.
Kessel mit Innenfeuerung für Lokomotiven. 379.
Entlasteter Lokomotivkolben nach Martyn. 379.
Die Spitzendeckung in Bahnkraftwerken. 379.

Besprechungen:

Beiträge zum Abnutzungs-Problem mit besonderer Berücksichtigung der Abnutzung von Zahnrädern. 380.
Die Herstellung der Blattfedern. 380.
Artur Fürst: Die hundertjährige Eisenbahn. 380.

Organ für die Fortschritte des Eisenbahnwesens

Technisches Fachblatt des Vereins Deutscher Eisenbahn-Verwaltungen

Schriftleitung: Dr. Ing. H. Uebelacker, Nürnberg, unter Mitwirkung von Dr. Ing. A. E. Bloss, Dresden.

82. Jahrgang | **15. Oktober 1927** | **Heft 19**

Verein Deutscher Eisenbahnverwaltungen.

Bericht über die Tagung des Technischen Ausschusses des Vereins Deutscher Eisenbahnverwaltungen in Safsnitz am 1. bis 3. Juni 1927.

Unter dem Vorsitz des Herrn Ministerialrates, Direktor v. Samarjay (Direktion der Kgl. Ungarischen Staatseisenbahnen) hielt der Technische Ausschufs des Vereins seine 105. Sitzung in Safsnitz am 1. bis 3. Juni ab. Namens der Reichsbahndirektion Stettin, in deren Bezirk die Tagung stattfand, begrüfste Herr Reichsbahndirektionspräsident Lohse die Teil... auf Rügen herzlich willkommen.

... hervor-

Ladungen, die die Wagenwände oder Rungen überragen durch zwei quer zur Längsachse des Wagens laufende Stricke auf die Ladung niedergehalten werden; diese Stricke müssen am Wagen fest angebunden sein.

Draht darf weder zum Anbinden noch zum Niederhalten der Decken verwendet werden.

2. Ladungen, die aus leicht feuerfangenden ... bestehen, müssen durch Decken ... Die bisherigen Ziffern 2—4 ...

...Ue ist als neue Ziffer 4 an-

...ng leicht feuerfangender ... 8 Ziff. 1 und 2.

...ichnisses der Abkürzungen ...genparkverzeichnisse.

... des »Verzeichnisses der Ab... ...erwagenparkverzeichnisse« wurde ...en Bundesbahnen, für die Vakuum... innerdienstlich angewendeten Ab... ...ücksichtigt.

...e der Bremsklötze.

...rwaltungen unternommenen grofsen ... wurde als Endergebnis für die ...offes jener Baustoff als der zweck... ...en von der Deutschen Reichsbahn ...eit geraumer Zeit in Kraft befind... ...n für Bremsklötze hinsichtlich Härte ...etzung entspricht. Bei der grofsen ...nes zweckmäfsigen Bremsklotzbau... ...ungen die nachstehenden, als zweck... ...ngen hinsichtlich Materialbeschaffen... empfohlen:

...n Bremsklötze sollen aus Gufseisen ...tzung bestehen:

...stoff . .	2,8—3,4 v. H.
. . . .	1,6—2,6 v. H.
. . . .	1,5—2,0 v. H.
. . . .	0,3—0,5 v. H.
. . . .	unter 0,8 v. H.
. . . .	unter 0,18 v. H.

... ± 25 betragen.

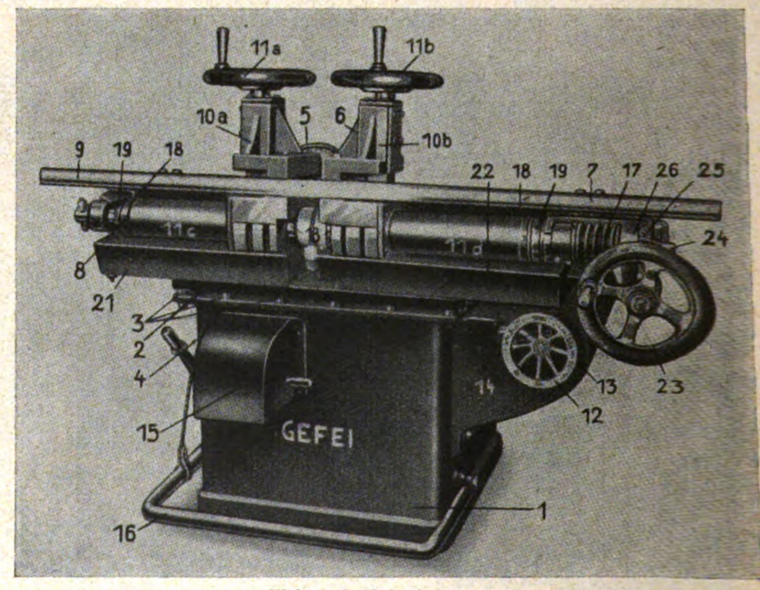
...ser Empfehlung in die »Technischen ... als zu weitgehend nicht beschlossen.

...r Bestimmungen im § 30 der ...e über die Zurückweisung von ...chäden an den Spurkränzen.

... Beschlufs des Technischen Ausschusses ...richshafen (vgl. Organ 1926, Heft 14, ...häftsführende Verwaltung die Vereins... ...lie vom Wagenübergangsausschufs vor... Messen scharf gelaufener Spurkränze



gemacht worden, aber es besteht meines Wissens noch keine Buchveröffentlichung in deutscher Sprache, in der in erwünschter Weise die genannten Verfahren der Widerstandschweißung systematisch behandelt werden, denn das einzige, bereits im Jahre 1892 erschienene Büchlein von Etienne de Fodor liegt schon sehr weit zurück. Seit dieser Zeit aber — insbesondere nach dem Kriege — haben sich diese Verfahren infolge ihrer Vorzüge immer mehr eingeführt, und die wirtschaftlichen Vorteile, die sich mit Hilfe der elektrischen Widerstandschweißung erzielen lassen, zwingen auch immer weitere Kreise, sich mit diesem Sondergebiet vertraut zu machen.



Elektrische Schmiedeesse

Nachdem nunmehr auch endlich an technischen Lehranstalten und Hochschulen über diese Verfahren spezielle Kollegs und Übungen abgehalten werden, ist ein diesbezügliches Spezialwerk auch für die studierende Jugend erwünscht. Ich habe es deshalb sehr begrüßt, daß mit dem vorliegenden Werk eine bisherige Lücke in der Schweißliteratur ausgefüllt wird, die von vielen empfunden wurde, die sich aus einem Spezialwerk über Widerstandschweißung ebenso orientieren wollten, wie sie es bisher schon über Gasschmelz- und Lichtbogenschweißung tun konnten. Vielen aber wird das vorliegende Buch auch Anregung bringen können zur Anwendung dieser besonderen Verfahren in der Fabrikation, zum mindesten zur Prüfung, inwieweit dieselben geeigneter und wirtschaftlicher sind als bisherige Verfahren, wobei eine etwaige

Organ für die Fortschritte des Eisenbahnwesens

Technisches Fachblatt des Vereins Deutscher Eisenbahn-Verwaltungen

Schriftleitung: Dr. Ing. H. Uebelacker, Nürnberg, unter Mitwirkung von Dr. Ing. A. E. Bloss, Dresden.

82. Jahrgang | 15. Oktober 1927 | Heft 19

Verein Deutscher Eisenbahnverwaltungen.

Bericht über die Tagung des Technischen Ausschusses des Vereins Deutscher Eisenbahnverwaltungen in Safsnitz am 1. bis 3. Juni 1927.

Unter dem Vorsitz des Herrn Ministerialrates, Direktor v. Samarjay (Direktion der Kgl. Ungarischen Staatseisenbahnen) hielt der Technische Ausschufs des Vereins seine 105. Sitzung in Safsnitz am 1. bis 3. Juni ab. Namens der Reichsbahndirektion Stettin, in deren Bezirk die Tagung stattfand, begrüfste Herr Reichsbahndirektionspräsident Lohse die Teil-... willkommen.

... hervor-

Ladungen, die die Wagenwände oder Rungen überragen durch zwei quer zur Längsachse des Wagens laufende Stricke auf die Ladung niedergehalten werden; diese Stricke müssen am Wagen fest angebunden sein.

Draht darf weder zum Anbinden noch zum Niederhalten der Decken verwendet werden.

2. Ladungen, die aus leicht feuerfangenden ... bestehen, müssen durch Decken ...

Die bisherigen Ziffern 2—4

...Ue ist als neue Ziffer 4 an-

...ng leicht feuerfangender ...8 Ziff. 1 und 2.

...chnisses der Abkürzungen ...genparkverzeichnisse.

... des »Verzeichnisses der Ab-...rwagenparkverzeichnisse« wurde ...n Bundesbahnen, für die Vakuum-...innerdienstlich angewendeten Ab-...ücksichtigt.

... der Bremsklötze.

...rwaltungen unternommenen grofsen ... wurde als Endergebnis für die ...ffes jener Baustoff als der zweck-...n von der Deutschen Reichsbahn ...it geraumer Zeit in Kraft befind-...n für Bremsklötze hinsichtlich Härte ...tzung entspricht. Bei der grofsen ...nes zweckmäfsigen Bremsklotzbau-...ungen die nachstehenden, als zweck-...gen hinsichtlich Materialbeschaffen-...empfohlen:

...a Bremsklötze sollen aus Gufseisen ...tzung bestehen:

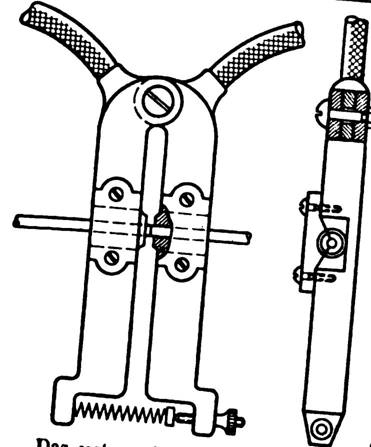
...stoff . . . 2,8—3,4 v. H.
. . . . . 1,6—2,6 v. H.
. . . . . 1,5—2,0 v. H.
. . . . . 0,3—0,5 v. H.
. . . . . unter 0,8 v. H.
. . . . . unter 0,18 v. H.
± 25 betragen.

...ser Empfehlung in die »Technischen ...als zu weitgehend nicht beschlossen.

...r Bestimmungen im § 30 der ...e über die Zurückweisung von ...chäden an den Spurkränzen.

...Beschlufs des Technischen Ausschusses ...richshafen (vgl. Organ 1926, Heft 14, ...häftsführende Verwaltung die Vereins-...die vom Wagenübergangsausschufs vor-... Messen scharf gelaufener Spurkränze

Neumann, Elektrische Widerstand-Schweißung und -Erwärmung



Das erste praktische Schweißgerät Thomson, Patent 10. August 1886

konstruktive Abänderung der zu bearbeitenden Stücke in eine für die neueren Verfahren geeignet Form in Kauf genommen werden kann. Diese Anregung wird dann sicher in vielen Fällen zur Anwendung führen.

Über eines darf man sich nicht täuschen: wir stehen noch ziemlich am Anfang des Vorwärtsdringens dieser neuen Schweißverfahren; trotzdem ist das Anwendungsgebiet bereits ein sehr großes geworden. Die Reinlichkeit, die im wesentlichen ohne Leerlaufarbeit vorhandene Betriebsbereitschaft, ferner die unter dem Einfluß der zentralisierten Stromerzeugung auch eingetretene Verbilligung des elektrischen Stromes sind mächtige Faktoren zugunsten der elektrischen Widerstandschweißung, besonders auch in ihrer Form als Elektroesse, die in hygienisch einwandfreier Weise Rauch und Ruß vermeidet.

Die Elektrizität hat seinerzeit ihren Siegeslauf begonnen mit der Lichtversorgung, dann erst kam die Kraftversorgung mittels Elektrizität und erst in neuester Zeit die Wärmeversorgung. Wie die Licht- und Kraftversorgung heute als etwas ganz Selbstverständliches im Werkstattbetrieb erscheint, so wird es auch mit der Wärmeversorgung werden, und damit wird sich auch die elektrische Widerstandschweißung ein ungeheuer großes Gebiet erobern. Dazu kann auch das vorliegende Buch beitragen, indem es weitere Kreise zur Mitarbeit heranzieht für die vielen Probleme, die es auf dem Gebiete der elektrischen Widerstandschweißung und -erwärmung noch zu lösen gibt.



Große Stumpfschweißmaschine beim Arbeiten

Inhaltsverzeichnis

Begriffe, Arten und Bezeichnungen auf dem Gebiete der Schweißtechnik
Begriffe — Arten: Preßschweißen, Schmelzschweißen — Bezeichnungen — Geschichtliche Entwicklung.

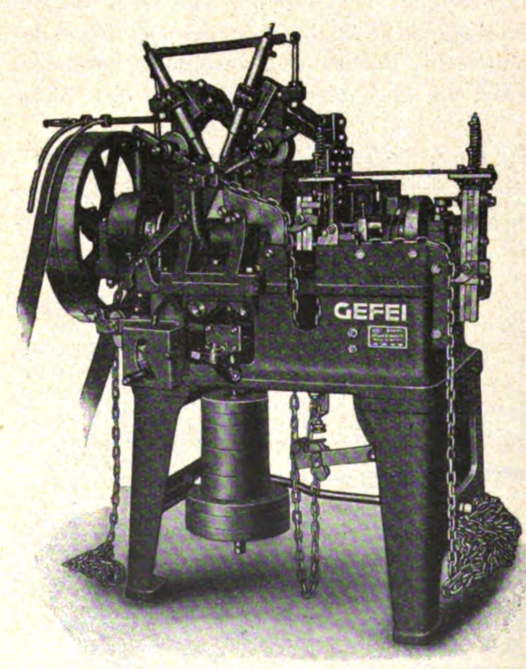
Grundzüge der Elektrotechnik
Maßeinheiten — Ohmsches Gesetz — Einfluß der Temperatur auf den Widerstand — Widerstand in Ohm eines gegebenen Leiters — Widerstand eines Leiters von veränderlichem Querschnitte — Mehrere Stromquellen in einem Stromkreis — Joulesches Gesetz — Erstes Kirchhoffsches Gesetz — Zweites Kirchhoffsches Gesetz — Stromverzweigung — Magnetismus: Gesetz von Coulomb, Magnetisches Feld, Kraftlinien, Magnetische Induktion, Hysteresis, Magnetische Kreis-Induktion — Magnetische Induktion — Wirbelströme — Selbstinduktion.

Grundzüge der Erwärmungstechnik
Wärmemessung — Mittlere spezifische Wärme einiger fester Körper — Schmelzpunkte einiger fester Körper — Wärmeleitzahl einiger Körper.

Die Metalle
Eisen — Kupfer — Kupferlegierungen — Aluminium — Nickel — Blei — Zink.

Schweißung verschiedener Metalle
Stahl — Verzinktes Eisen — Verzinnte Bleche — Verbleite Eisenbleche — Messingbleche — Messing mit Eisenblechen — Aluminium — Nickelbleche — Tombak — Silber, Gold und Platin.

Prinzip der Widerstandschweißung
Charakteristik der Stumpfschweißung: Einspannlängen, Stauchwege, Wärmetechnischer Vorgang, Elektrischer Vorgang, Stromzuführung — Das Abschmelzverfahren — Elektrische Schlag- oder Stoßschweißung — Festigkeitsprüfungen von Widerstandschweißungen nach dem Abschmelzverfahren: Metallographische Prüfung der Schweißverbindung, Wirtschaftlichkeit — Charakteristik der Punktschweißung: Vorgang, Der elektrische Vorgang, Wirtschaftlichkeit, Die Festigkeit elektrischer Punktschweißungen — Charakteristik der Nahtschweißung.



Automatische Kettenschweißmaschine

Der Transformator
Das Übersetzungsverhältnis — Bestimmung der Windungszahlen — Die Phasenverschiebung — Der Eisenkern — Die Spule — Die Sekundärwindung — Schalter — Sicherungen.

Organ für die Fortschritte des Eisenbahnwesens

Technisches Fachblatt des Vereins Deutscher Eisenbahn-Verwaltungen

Schriftleitung: Dr. Ing. H. Uebelacker, Nürnberg, unter Mitwirkung von Dr. Ing. A. E. Bloss, Dresden.

82. Jahrgang | 15. Oktober 1927 | Heft 19

Verein Deutscher Eisenbahnverwaltungen.

Bericht über die Tagung des Technischen Ausschusses des Vereins Deutscher Eisenbahnverwaltungen in Safsnitz am 1. bis 3. Juni 1927.

Unter dem Vorsitz des Herrn Ministerialrates, Direktor v. Samarjay (Direktion der Kgl. Ungarischen Staatseisenbahnen) hielt der Technische Ausschufs des Vereins seine 105. Sitzung in Safsnitz am 1. bis 3. Juni ab. Namens der Reichsbahndirektion Stettin, in deren Bezirk die Tagung stattfand, begrüfste Herr Reichsbahndirektionspräsident Lohse die Teil- ... herzlich willkommen.

... hervor-

Ladungen, die die Wagenwände oder Rungen überragen durch zwei quer zur Längsachse des Wagens laufende Stricke auf die Ladung niedergehalten werden; diese Stricke müssen am Wagen fest angebunden sein.

Draht darf weder zum Anbinden noch zum Niederhalten der Decken verwendet werden.

2. Ladungen, die aus leicht feuerfangenden ... bestehen, müssen durch Decken ... Die bisherigen Ziffern 2—4 ...

...Ue ist als neue Ziffer 4 an-

...ng leicht feuerfangender ... 8 Ziff. 1 und 2.

...chnisses der Abkürzungen ...genparkverzeichnisse.

... des »Verzeichnisses der Ab-...rwagenparkverzeichnisse« wurde ...n Bundesbahnen, für die Vakuum-...innerdienstlich angewendeten Ab-...ücksichtigt.

... der Bremsklötze.

...rwaltungen unternommenen grofsen ... wurde als Endergebnis für die ...ffes jener Baustoff als der zweck-...n von der Deutschen Reichsbahn ...it geraumer Zeit in Kraft befind-...a für Bremsklötze hinsichtlich Härte ...tzung entspricht. Bei der grofsen ...nes zweckmäfsigen Bremsklotzbau-...ungen die nachstehenden, als zweck-...gen hinsichtlich Materialbeschaffen-...empfohlen:

...a Bremsklötze sollen aus Gufseisen ...tzung bestehen:

...stoff . . . 2,8—3,4 v. H.
. . . . 1,6—2,6 v. H.
. . . . 1,5—2,0 v. H.
. . . . 0,3—0,5 v. H.
. . . . unter 0,8 v. H.
. . . . unter 0,18 v. H.
± 25 betragen.

...ser Empfehlung in die »Technischen ... als zu weitgehend nicht beschlossen.

...r Bestimmungen im § 30 der ...e über die Zurückweisung von ...chäden an den Spurkränzen.

...Beschlufs des Technischen Ausschusses ...richshafen (vgl. Organ 1926, Heft 14, ...häftsführende Verwaltung die Vereins-...lie vom Wagenübergangsausschufs vor-... Messen scharf gelaufener Spurkränze

Organ für die Fortschritte des Eisenbahnwesens

Technisches Fachblatt des Vereins Deutscher Eisenbahn-Verwaltungen

Schriftleitung: Dr. Ing. H. Uebelacker, Nürnberg, unter Mitwirkung von Dr. Ing. A. E. Bloss, Dresden.

82. Jahrgang **15. Oktober 1927** **Heft 19**

Verein Deutscher Eisenbahnverwaltungen.

Bericht über die Tagung des Technischen Ausschusses des Vereins Deutscher Eisenbahnverwaltungen in Safsnitz am 1. bis 3. Juni 1927.

Unter dem Vorsitz des Herrn Ministerialrates, Direktor v. Samarjay (Direktion der Kgl. Ungarischen Staatseisenbahnen) hielt der Technische Ausschufs des Vereins seine 105. Sitzung in Safsnitz am 1. bis 3. Juni ab. Namens der Reichsbahndirektion Stettin, in deren Bezirk die Tagung stattfand, begrüfste Herr Reichsbahndirektionspräsident Lohse die Teil- ... willkommen.

Ladungen, die die Wagenwände oder Rungen überragen durch zwei quer zur Längsachse des Wagens laufende Stricke auf die Ladung niedergehalten werden; diese Stricke müssen am Wagen fest angebunden sein.

Draht darf weder zum Anbinden noch zum Niederhalten der Decken verwendet werden.

2. Ladungen, die aus leicht feuerfangenden ... müssen durch Decken ... Die bisherigen Ziffern 2—4 ...

...Ue ist als neue Ziffer 4 an-

...ng leicht feuerfangender ... 8 Ziff. 1 und 2.

...ichnisses der Abkürzungen ...genparkverzeichnisse.

... des »Verzeichnisses der Ab... ...erwagenparkverzeichnisse« wurde ...en Bundesbahnen, für die Vakuum... ...innerdienstlich angewendeten Ab... ...ücksichtigt.

...e der Bremsklötze.

...rwaltungen unternommenen grofsen ... wurde als Endergebnis für die ...offes jener Baustoff als der zweck... ...en von der Deutschen Reichsbahn ...it geraumer Zeit in Kraft befind... ...n für Bremsklötze hinsichtlich Härte ...tzung entspricht. Bei der grofsen ...nes zweckmäfsigen Bremsklotzbau... ...ungen die nachstehenden, als zweck... ...agen hinsichtlich Materialbeschaffen... empfohlen:

...n Bremsklötze sollen aus Gufseisen ...tzung bestehen:

...stoff . . . 2,8—3,4 v. H.
. . . . 1,6—2,6 v. H.
. . . . 1,5—2,0 v. H.
. . . . 0,3—0,5 v. H.
. . . . unter 0,8 v. H.
. . . . unter 0,18 v. H.
± 25 betragen.

...ser Empfehlung in die »Technischen ... als zu weitgehend nicht beschlossen.

...er Bestimmungen im § 30 der ...e über die Zurückweisung von ...chäden an den Spurkränzen.

Beschlufs des Technischen Ausschusses ...richshafen (vgl. Organ 1926, Heft 14, ...chäftsführende Verwaltung die Vereins...lie vom Wagenübergangsausschufs vor... Messen scharf gelaufener Spurkränze

Organ für die Fortschritte des Eisenbahnwesens

Technisches Fachblatt des Vereins Deutscher Eisenbahn-Verwaltungen

Schriftleitung: Dr. Ing. H. Uebelacker, Nürnberg, unter Mitwirkung von Dr. Ing. A. E. Bloss, Dresden.

82. Jahrgang | **15. Oktober 1927** | **Heft 19**

Verein Deutscher Eisenbahnverwaltungen.

Bericht über die Tagung des Technischen Ausschusses des Vereins Deutscher Eisenbahnverwaltungen in Safsnitz am 1. bis 3. Juni 1927.

Unter dem Vorsitz des Herrn Ministerialrates, Direktor v. Samarjay (Direktion der Kgl. Ungarischen Staatseisenbahnen) hielt der Technische Ausschufs des Vereins seine 105. Sitzung in Safsnitz am 1. bis 3. Juni ab. Namens der Reichsbahndirektion Stettin, in deren Bezirk die Tagung stattfand, begrüfste Herr Reichsbahndirektionspräsident Lohse die Teil- ... auf Rügen herzlich willkommen.

Ladungen, die die Wagenwände oder Rungen überragen durch zwei quer zur Längsachse des Wagens laufende Stricke auf die Ladung niedergehalten werden; diese Stricke müssen am Wagen fest angebunden sein.

Draht darf weder zum Anbinden noch zum Niederhalten der Decken verwendet werden.

2. Ladungen, die aus leicht feuerfangenden ... müssen durch Decken ... Die bisherigen Ziffern 2—4 ...

... Ue ist als neue Ziffer 4 an-

... ng leicht feuerfangender ... 8 Ziff. 1 und 2.

... chnisses der Abkürzungen ... genparkverzeichnisse.

... des »Verzeichnisses der Ab- ... rwagenparkverzeichnisse« wurde ... n Bundesbahnen, für die Vakuum- ... innerdienstlich angewendeten Ab- ... ücksichtigt.

... der Bremsklötze.

... waltungen unternommenen grofsen ... wurde als Endergebnis für die ... ffes jener Baustoff als der zweck- ... n von der Deutschen Reichsbahn ... it geraumer Zeit in Kraft befind- ... für Bremsklötze hinsichtlich Härte ... tzung entspricht. Bei der grofsen ... es zweckmäfsigen Bremsklotzbau- ... ngen die nachstehenden, als zweck- ... gen hinsichtlich Materialbeschaffen- ... empfohlen:

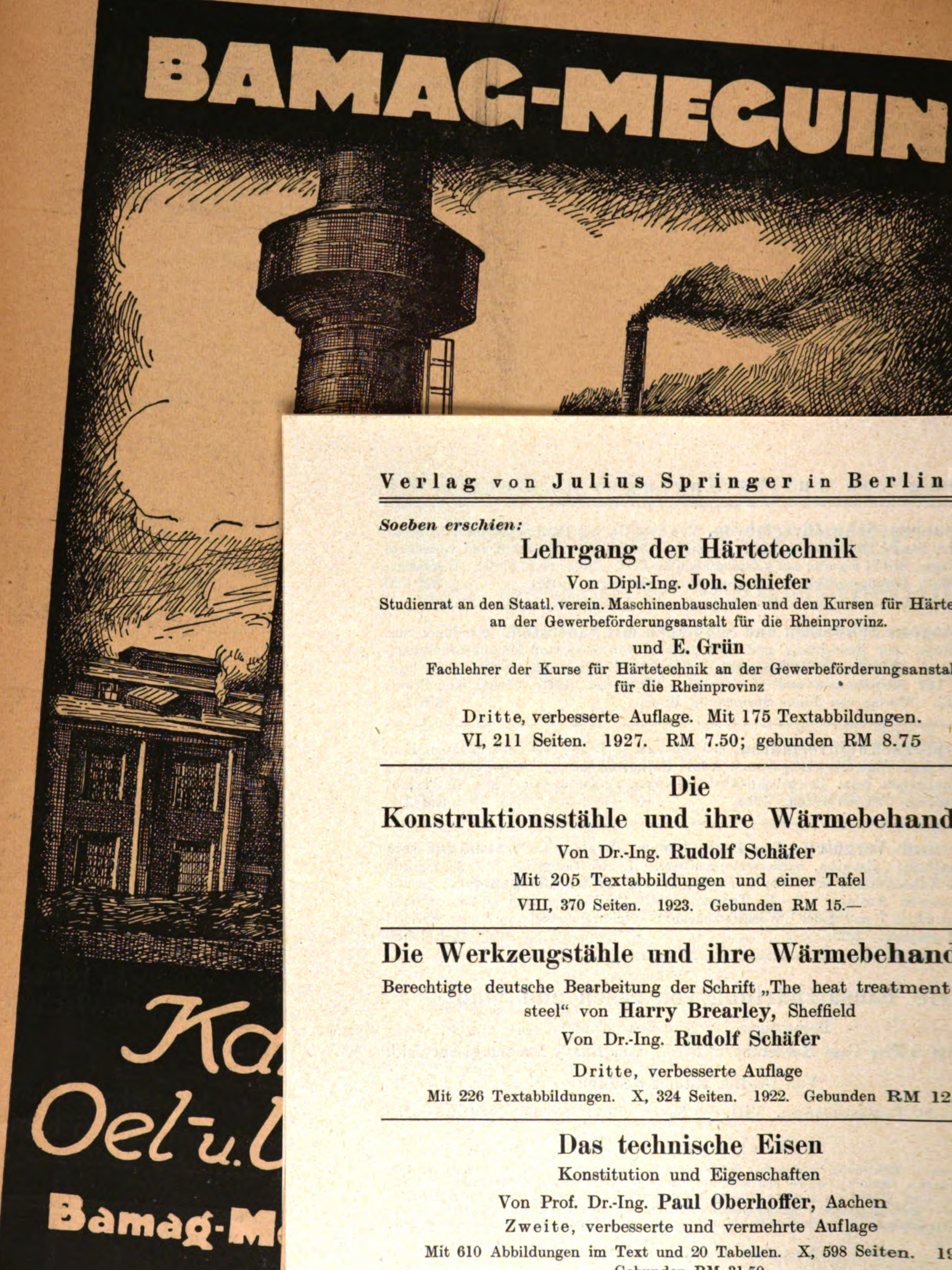
... Bremsklötze sollen aus Gufseisen ... tzung bestehen:

... stoff . . . 2,8—3,4 v. H.
. . . . 1,6—2,6 v. H.
. . . . 1,5—2,0 v. H.
. . . . 0,3—0,5 v. H.
. . . . unter 0,8 v. H.
. . . . unter 0,18 v. H.
± 25 betragen.

... ser Empfehlung in die »Technischen ... als zu weitgehend nicht beschlossen.

... r Bestimmungen im § 30 der ... e über die Zurückweisung von ... chäden an den Spurkränzen.

Beschlufs des Technischen Ausschusses ... lrichshafen (vgl. Organ 1926, Heft 14, ... chäftsführende Verwaltung die Vereins- ... die vom Wagenübergangsausschufs vor- ... Messen scharf gelaufener Spurkränze


BAMAG-MEGUIN

Organ für die Fortschritte des Eisenbahnwesens

Technisches Fachblatt des Vereins Deutscher Eisenbahn-Verwaltungen

Schriftleitung: Dr. Ing. H. Uebelacker, Nürnberg, unter Mitwirkung von Dr. Ing. A. E. Bloss, Dresden.

82. Jahrgang | **15. Oktober 1927** | **Heft 19**

Verein Deutscher Eisenbahnverwaltungen.

Bericht über die Tagung des Technischen Ausschusses des Vereins Deutscher Eisenbahnverwaltungen in Safsnitz am 1. bis 3. Juni 1927.

Unter dem Vorsitz des Herrn Ministerialrates, Direktor v. Samarjay (Direktion der Kgl. Ungarischen Staatseisenbahnen) hielt der Technische Ausschufs des Vereins seine 105. Sitzung in Safsnitz am 1. bis 3. Juni ab. Namens der Reichsbahndirektion Stettin, in deren Bezirk die Tagung stattfand, begrüfste Herr Reichsbahndirektionspräsident Lohse die Teilnehmer und hiefs sie auf Rügen herzlich willkommen.

Aus den Beratungsgegenständen sei nachstehendes hervorgehoben:

1. Güteprobensammlung 1925/26.

Die Bearbeitung der Güteprobensammlung entspricht in Form und Ausführung dem Jahrgang 1924/25. Neu hinzugekommen sind die Tafeln »Achsen für Triebwagen« und »Stehbolzen aus Phosphorbronze«. Für Schraubenkupplungen sind auch in der vorliegenden Güteprobensammlung für die verschiedenen Teile mit der dafür vorgeschriebenen Stoffgüte besondere Tafeln aufgestellt.

Von den gemeldeten Versuchen entfallen:

	57 647 Stück	=	84,5 %	auf Zerreifsversuche,
	8 293 «	=	12,2 %	auf Schlagversuche,
	211 «	=	0,3 %	auf Fallversuche,
	2 050 «	=	3,0 %	auf Kugeldruckversuche.
Zus.:	68 201 Stück	=	100,0 %.	

Die Zahl der Versuche (im Berichtsjahr 1924/25 waren es 25 185) ist in diesem Berichtsjahr bedeutend höher. Sie wurde hauptsächlich durch die Einführung der neuen verstärkten Schraubenkupplungen bedingt. Gegenüber dem Vorjahre wurden für diese Teile etwa 37 000 Zerreifsversuche mehr ausgeführt.

Die Güteprobensammlung kann von der Geschäftsführenden Verwaltung des Vereins Berlin W 9, Köthener Strafse 28/29 käuflich erworben werden.

2. Ergänzungen der Anlage II des VWUe durch Bestimmungen über Befestigung der Wagendecken.

Der Ausschufs ist der Ansicht, dafs die Bestimmungen über die Befestigung und Zusammenschnürung der Decken nicht nur die Ladung gegen Funkenflug schützen, sondern auch Betriebsgefahren verhüten sollen, die durch das Aufblähen der Decken, besonders auf Strecken mit elektrischer Fahrleitung, entstehen können. Die Bestimmungen im zweiten Absatz der Ziffer 1 des § 8 der Anlage II des VWUe müssen daher allgemein auf alle mit Decken versehenen Ladungen angewendet werden. Demzufolge wurden folgende Neufassungen an den Vereinswagenausschufs weitergeleitet:

§ 8 der Anlage II V W Ue erhält folgende Fassung:

1. Decken auf Ladungen müssen gut erhalten und sicher befestigt sein. (TE. Art. VI § 56). Die Decken müssen an den Seiten und an den Stirnenden der Wagen mit festen Stricken so straff angebunden sein, dafs sie durch den Wind an keiner Stelle gehoben werden können. Dabei sind alle freiliegenden Ösen der Decken zu benutzen. Aufserdem müssen die Decken bei Ladungen, die die Wagenwände oder Rungen überragen durch zwei quer zur Längsachse des Wagens laufende Stricke auf die Ladung niedergehalten werden; diese Stricke müssen am Wagen fest angebunden sein.

Draht darf weder zum Anbinden noch zum Niederhalten der Decken verwendet werden.

2. Ladungen, die aus leicht feuerfangenden Gegenständen bestehen, müssen durch Decken gesichert sein (vgl. § 24). Die bisherigen Ziffern 2—4 erhalten die Ziffern 3—5.

In § 24 der Anlage II VWUe ist als neue Ziffer 4 anzufügen:

4. Wegen der Verladung leicht feuerfangender Gegenstände vgl. auch § 8 Ziff. 1 und 2.

3. Abänderung des Verzeichnisses der Abkürzungen der Vereinsgüterwagenparkverzeichnisse.

Bei der Neuaufstellung des »Verzeichnisses der Abkürzungen für die Vereinsgüterwagenparkverzeichnisse« wurde der Wunsch der Österreichischen Bundesbahnen, für die Vakuumbremsarten die in Österreich innerdienstlich angewendeten Abkürzungen zu verwenden, berücksichtigt.

4. Baustoffrage der Bremsklötze.

Aus der bei einzelnen Verwaltungen unternommenen grofsen Anzahl von Untersuchungen wurde als Endergebnis für die Wahl eines Bremsklotzbaustoffes jener Baustoff als der zweckmäfsigste bezeichnet, der den von der Deutschen Reichsbahn aufgestellten und bereits seit geraumer Zeit in Kraft befindlichen Lieferungsbedingungen für Bremsklötze hinsichtlich Härte und chemischer Zusammensetzung entspricht. Bei der grofsen Wichtigkeit der Frage eines zweckmäfsigen Bremsklotzbaustoffes werden allen Verwaltungen die nachstehenden, als zweckmäfsig befundenen Forderungen hinsichtlich Materialbeschaffenheit zur Berücksichtigung empfohlen:

Die fertig gegossenen Bremsklötze sollen aus Gufseisen mit folgender Zusammensetzung bestehen:

Gesamter Kohlenstoff . .	2,8—3,4 v. H.
Graphit	1,6—2,6 v. H.
Silizium	1,5—2,0 v. H.
Mangan	0,3—0,5 v. H.
Phosphor	unter 0,8 v. H.
Schwefel	unter 0,18 v. H.

die Brinellhärte soll 195 ± 25 betragen.

Eine Aufnahme dieser Empfehlung in die »Technischen Vereinbarungen« wurde als zu weitgehend nicht beschlossen.

5. Ergänzungen der Bestimmungen im § 30 der Anlage I zum VWUe über die Zurückweisung von Wagen wegen Schäden an den Spurkränzen.

Entsprechend dem Beschlufs des Technischen Ausschusses in der Sitzung in Friedrichshafen (vgl. Organ 1926, Heft 14, S. 309) hatte die Geschäftsführende Verwaltung die Vereinsverwaltungen ersucht, die vom Wagenübergangsausschufs vorgeschlagene Lehre zum Messen scharf gelaufener Spurkränze zu erproben.

Auf Grund der von einzelnen Verwaltungen abgegebenen Gutachten waren aufser den bisherigen theoretischen Untersuchungen noch praktische Untersuchungen angestellt worden, um die Entgleisungsmöglichkeiten von Wagen mit scharf gelaufenen Radsätzen an Weichenzungen festzustellen.

Mit Rücksicht darauf, dafs der alte Wortlaut der TE (Art. III § 5 unter A 7) voraussichtlich noch bestehen bleibt, wonach als Grund für die Zurückweisung von Wagen die Bildung einer scharfen Kante am Spurkranz anzusehen ist, diese Bestimmung aber im Betriebe zu Schwierigkeiten führt, da die Entscheidung, was eine scharfe Kante ist, den Bediensteten überlassen ist, wurde es als erwünscht bezeichnet, bald zur Annahme einer Lehre zu kommen. Um festzustellen, ob die in Aussicht genommene Spurkranzlehre geeignet ist, soll diese Lehre beim Übergang von Wagen weiter erprobt werden, und zwar derart, dafs zunächst die Übergangsfähigkeit der Wagen in bisher üblicher Weise festgestellt und dann mit der Lehre nachgeprüft wird, ob sich bei ihrer Verwendung die gleiche Beurteilung ergibt. Für die Beurteilung der Übergangsfähigkeit der Wagen soll aber das bisherige Verfahren (§ 30 Ziff. 7 unter A der Anlage I zum VWUe) zunächst noch mafsgebend sein.

6. Neubearbeitung der »Technischen Vereinbarungen« und »Grundzüge«.

In der Sitzung des Technischen Ausschusses in Amsterdam, Mai 1925, war für die Neubearbeitung der TV und Grz ein Sonderausschufs eingesetzt worden, der für die Bearbeitung vier Gruppenausschüsse gebildet hatte:

A) für den Bau und die Unterhaltung der Bahn,
B) für den Bau und die Unterhaltung der Fahrzeuge,
C/D) für das Fernmelde-, Signal- und Sicherungswesen und für den Betriebsdienst,
E) für den Bau und Betrieb elektrischer Bahnen.

Den Gruppenausschüssen wurden für die Bearbeitung folgende Richtlinien gegeben:

1. Prüfung, welche Bestimmungen als überholt zu streichen sind,
2. Festlegung der Reihenfolge der Bestimmungen,
3. Vorschläge für bessere Fassung der Bestimmungen,
4. Änderungsvorschläge,
5. Aufstellung und Aufnahme neuer Bestimmungen.

Der Sonderausschufs hat beschlossen, Vorschriften für den Bau und den Betrieb elektrischer Bahnen aufzunehmen und diejenigen Vorschriften, die zu den bereits bestehenden TV-Vorschriften in enger Beziehung stehen, in die betreffenden Abschnitte einzuarbeiten. Die Vorschriften, die gänzlich Neues bringen, sind in einen besonderen Abschnitt E — Elektrische Bahnen — zusammenzufassen.

Weiter hat der Sonderausschufs bereits gewisse Richtlinien für die Aufstellung der Vorbemerkungen für die neuen TV gegeben und hierbei die Frage behandelt, wie die Begriffe Hauptbahnen, Nebenbahnen, Lokalbahnen, Anschlufsgleise in den Vorbemerkungen zu erläutern sind.

Die TV sollen so abgefafst werden, dafs die Bestimmungen der TE in ihnen eingearbeitet sind, und dafs die TV eine möglichst breite Grundlage erhalten, doch sollen internationale Bestimmungen nur soweit unbedingt erforderlich in die TV aufgenommen werden. Der Ausschufs ist der Ansicht, dafs es zweckmäfsig sein wird, Begriffserklärungen in die TV aufzunehmen, möchte sie jedoch auf das notwendigste Mafs beschränken.

Die Fortschritte der Eisenbahntechnik in den letzten 20 Jahren bedingen eine Reihe von Änderungen der letzten TV-Ausgabe. Die vom Gruppenausschufs A getroffenen bemerkenswerten Abweichungen sind:

1. Die Schienenlänge, für die bisher als Mindestmafs 9 m und als Höchstmafs 20 m empfohlen war, soll mindestens 15 m betragen; ein Höchstmafs wurde mit Rücksicht auf geschweifste Schienen nicht mehr festgestellt.

2. Die Schienen, die nach den bisherigen TV so beschaffen sein müssen, dafs sie einen Raddruck von 7,5 und bei Neubauten von 8 t aufnehmen können, sollen Achsdrücken von 16 t und bei Neu- und Umbauten von 20 t gewachsen sein.

3. Die Vorschriften über die Gleisüberhöhung und die Richtungsverhältnisse wurden in Übereinstimmung gebracht mit den Beschlüssen des TA zu Amsterdam, Niederschrift Nr. 103.

4. In der alten TV ist empfohlen, in Hauptgleisen Krümmungen unter 300 m nicht anzuwenden. Nach dem Entwurf der Neufassung sollen bei Bahnen mit Schnellzug- und starkem Güterverkehr in durchgehenden Hauptgleisen Bögen mit einem Halbmesser unter 500 m nicht angewendet werden.

5. Für die Berechnung der neuen und umzubauenden Brücken wurden neue Lastenzüge festgestellt mit Achsdrücken bis zu 25 t bei Hauptbahnen und bis zu 20 t bei Nebenbahnen gegenüber einem Höchstachsdruck von 18 t bei Hauptbahnen in den bisherigen TV.

6. Der Durchmesser der Lokomotivdrehscheiben und die Länge der Schiebebühnen, für die bisher das Mafs von 20 m empfohlen war, sollen 23 m betragen.

7. Die in den alten TV enthaltenen Vorschriften über Werkstätten wurden gestrichen, weil die Werkstätten keine technischen Einrichtungen für den gegenseitigen Verkehr und im engeren Sinne auch keine Einrichtungen sind, die für die Betriebssicherheit der Eisenbahnen in Betracht kommen.

8. Von der Aufnahme einer Bestimmung über die Zahl der Bahnuntersuchungen wurde abgesehen, in dem Entwurf der Neufassung ist nur bestimmt, dafs die Bahn auf ihren betriebssicheren Zustand planmäfsig geprüft werden soll.

9. In den Entwurf der Neufassung wurden Vorschriften für elektrisch betriebene Bahnen aufgenommen, soweit solche vom bautechnischen Standpunkt für nötig erachtet wurden.

Die Arbeiten des Gruppenausschusses A sind soweit vorgeschritten, dafs nach Erledigung der den Unterausschüssen übertragenen Aufgaben und Klärung einiger Fragen durch den Sonderausschufs die Neufassung für die noch nicht behandelten wenigen Paragraphen fertiggestellt, der Entwurf für die Neufassung der Grz aufgestellt und die zweite Lesung der vom Gruppenausschufs A zu behandelnden Vorschriften der TV und der Grz in Angriff genommen werden kann.

Der Abschnitt B der TV — Bau und Unterhaltung der Fahrzeuge — ist vom Gruppenausschufs B in Behandlung genommen. Der Ausschufs ist wegen der Vielseitigkeit des von ihm zu bearbeitenden Stoffes und der von Grund auf vorzunehmenden Umarbeitung genötigt, weitgehende Änderungen auch in der äufseren Gestaltung der TV vorzunehmen.

Der bisher aufgestellte Entwurf sieht nur 3 Unterabschnitte, anstatt 4, vor.

Die bisherigen Abschnitte b) Lokomotiven und c) Tender sind zu einem Abschnitt zusammengefafst, um Wiederholungen zu vermeiden und die Übersichtlichkeit zu erhöhen. Zu erwähnen ist, dafs zum Teil die unter dem Abschnit c) »Tender« jetzt gegebenen Vorschriften auch für die »Tender« der Tenderlokomotiven gelten (§ 111, § 115 c). Die eng zusammengehörenden Sachen sind möglichst zusammengefafst. Die unter den bisherigen Abschnitten b), c) und d) besonders behandelte »Umgrenzung der Lokomotiven, Tender und Wagen« ist unter die »Allgemeinen Bestimmungen« aufgenommen, desgleichen das unter dem bisherigen Abschnitt d) Wagen über »Achslager« § 129 und über »Tragfedern« § 130[1] Gesagte, u. a. m.

Im Verlauf der Beratungen des Gruppenausschusses C/D, der die Aufgabe hat, die Vorschriften für das Fernmelde-, Signal- und Sicherungswesen und für den Betriebsdienst einer Überprüfung zu unterziehen, hat dieser Ausschufs mit Rücksicht auf die verschiedenen Sondergebiete, die zu behandeln

sind, eine Reihe dem Gruppenausschufs nicht angehörende Fachleute zu seinen Beratungen hinzugezogen.

Zur Prüfung umfangreicher Arbeiten, wie z. B. für die Fassung der Bestimmungen des § 160 — Anzahl der Bremsen — sowie für die Berechnung und Aufstellung der Bremstafeln wurde ein Unterausschufs eingesetzt, der seine Arbeiten demnächst beenden wird.

Der Ausschufs hielt es ferner für erforderlich, für die vom Gruppenausschufs E aufgeworfenen Fragen über das Sicherungswesen, insbesondere für die Frage des Schutzes der Schwachstromanlagen gegen Starkstrom sowie der Schutzerdungen, einen gemeinsamen Unterausschufs aus Mitgliedern der Gruppenausschüsse C/D und E einzusetzen, weil bei Festsetzungen von Bestimmungen hierüber beide Fachrichtungen beteiligt sind.

Der Gruppenausschufs E verfuhr bei seinen Arbeiten so, dafs diejenigen Bestimmungen über elektrisch betriebene Bahnen, die zu den bereits vorhandenen Abschnitten der Technischen Vereinbarungen in enger Beziehung stehen, auf diese Abschnitte verteilt wurden und nur diejenigen Bestimmungen, welche gänzlich neue Gegenstände behandelten, in einen neuen Abschnitt »Elektrische Bahnen« zusammengefafst wurden. Zu der ersten Stoffgruppe gehören beispielsweise die Vorschriften für elektrische Fahrzeuge, für besondere Vorkehrungen an Oberbau-, Bahnhofs- und ähnlichen Anlagen für den elektrischen Betrieb und die Zusammenhänge zwischen dem Signal- und Fernmeldewesen, den Starkstromeinrichtungen sowie den Betriebserfordernissen der elektrischen Zugförderung. Für den neuen Abschnitt E sind folgende Abschnitte in Aussicht genommen:

1. Allgemeines,
2. Kraftwerke,
3. Leitungen abseits der Bahn,
4. Unterwerke und Umschaltwerke,
5. Streckenausrüstung
   a) Stromzuleitung,
   b) Stromrückleitung.

Die Bearbeitung dieser Stoffeinteilung ergab, dafs die Abschnitte »Kraftwerke« und »Unterwerke und Umschaltwerke« aus den Technischen Vereinbarungen gänzlich ausgeschaltet werden können. Es handelt sich hier um Fragen überwiegend örtlicher Art, welche mit der Stoffabgrenzung, wie sie den Technischen Vereinbarungen zugrunde liegt, nicht in Beziehung stehen. Aufserdem sind die technischen Einzelfragen auf diesen Gebieten für absehbare Zeit noch in so lebhafter Entwicklung, dafs man bindende oder empfehlende Bestimmungen hierüber in jedem Falle als Einengung empfunden hätte. Ähnlich verhält es sich auch mit anderen Fragen der elektrischen Zugförderung, und der Gruppenausschufs E war daher bemüht, seine Vorschläge auf grundsätzliche Punkte zu beschränken und alles zu vermeiden, was nachträglich als Behinderung in der Entwicklung empfunden werden könnte.

Verhandlungen internationaler Eisenbahnverbände, insbesondere über elektrische Zugförderung fanden naturgemäfs aufmerksame Beachtung bei den Arbeiten der Gruppe E. Zum Teil hatten die gemeinsamen Arbeiten im Verein Deutscher Eisenbahnverwaltungen die Grundlage für Beschlüsse beim Internationalen Eisenbahnverband gebildet; dies betrifft beispielsweise die Bestimmungen über elektrische Zugheizung. Soweit im Verein Deutscher Eisenbahnverwaltungen Gegenstände der Verbandsberatungen noch nicht behandelt worden waren, schlofs man sich möglichst den Verhandlungsergebnissen im Verband an. Die Belange des Vereins Deutscher Eisenbahnverwaltungen und besonders die Übergangsvereinbarungen zwischen den in ihm vertretenen Einzelverwaltungen lassen es jedoch zweckmäfsig erscheinen, die stellenweise sehr allgemein gehaltenen Vereinbarungen des Verbandes etwas bestimmter, hier und da auch ausführlicher zu fassen. Grundsätzlich wurde vermieden, für die Technischen Vereinbarungen Fassungen zu wählen, die nicht durch die allgemeinen Bestimmungen des Verbandes umschlossen werden.

Der Technische Ausschufs stimmte dem Vorgehen des Sonderausschusses bei der Neubearbeitung der TV sowie einer Anregung, die Entstehung und Entwicklung einzelner TV-Bestimmungen zu sammeln, zu.

7. Neubearbeitung des § 76 und der Blätter VIII und IX der TV. betreffend Kupplungen.

Bei Aufstellung des Wortlautes der Vorschriften über die Kupplungen wurde auf die Neubearbeitung der Technischen Vorschriften Rücksicht genommen, demnach sind die in den §§ 76 und 100 (Kupplung mit dem Tender) aufgeführten Bestimmungen zusammengefafst worden.

Die Vorschläge lauten wie folgt: Kupplungen (bisher §§ 76 und 100).

1. Die Fahrzeuge müssen an beiden Enden Schraubenkupplungen haben, ausgenommen Wagen für besondere Zwecke, Fahrzeuge, die im Betriebe dauernd verbunden bleiben, gelten als ein Fahrzeug.

2. Die Bruchlast der Schraubenkupplungen mufs mindestens 65 t betragen.

3. Schraubenkupplungen müssen sich so miteinander verbinden lassen und die Kupplungen zwischen Lokomotive und Tender müssen so beschaffen sein, dafs die Sicherheitskupplung wirkt, wenn die Hauptkupplung unwirksam wird. Schraubenkupplungen mit Sicherheitskupplungen müssen sich in doppelter Weise auch mit Fahrzeugen verbinden lassen, deren Schraubenkupplungen keine Sicherheitskupplungen haben.

5. An den Schraubenkupplungen ist eine Sicherung gegen selbsttätiges Aufdrehen der Schraubenspindel anzubringen für den Fall, dafs die Sicherheitskupplungen nicht eingebracht werden.

5. Kupplungen der im Betriebe nicht ständig verbundenen Fahrzeuge müssen sich mit Schraubenkupplungen verbinden lassen.

6. Schraubenkupplungen mit Sicherheitskupplungen müssen nach Blatt VIII und IX ausgeführt werden und folgenden Vorschriften genügen:
   a) Die Laschen müssen die schwächsten Teile der Kupplung sein.
   b) Die Schraubenspindel mufs so stark sein, dafs sie mit mindestens 60 t belastet werden kann, bevor sie sich streckt.
   c) Der Kupplungsbügel darf sich in dem Durchmesser, der in der Zugrichtung liegt, um 5 mm abnutzen. Um das gleiche Mafs darf sich auch der Kupplungsbolzen abnutzen.

Unter den Begriffen »Kupplungen« sind alle Arten von Kupplungen — Mittelpufferkupplungen, Kurzkupplungen und Schraubenkupplungen — zu verstehen.

Es ist deshalb nur an solchen Stellen von »Schraubenkupplungen« gesprochen, wo ausschliefslich diese Bauart gemeint ist. Da jedoch die Schraubenkupplung zunächst noch die Regelkupplung ist, wurde beschlossen, diese Kupplung bindend vorzuschreiben, Ausnahmen aber, d. h. andere Kupplungen an Wagen für besondere Zwecke zuzulassen. Durch den Zusatz im Absatz 1 ist einerseits die Kupplung zwischen Lokomotive und Tender, andererseits die Kupplung zwischen ständig verbunden bleibenden Wagen (Kurzkupplung oder dergl.) berücksichtigt.

Die in Absatz 2 vorgeschriebene Bruchlast von 65 t ist eine IEV-Bestimmung, für alle Schraubenkupplungen vorgeschrieben. Der Absatz 3 entspricht der bisherigen Fassung des § 76, jedoch ist der Wortlaut etwas geändert, die Bestimmung über Notketten ist gefallen, da solche nicht mehr an Vereinswagen vorhanden sind.

Neu aufgenommen ist die Bestimmung Ziffer 4, wonach an den Schraubenkupplungen eine Sicherung gegen selbsttätiges Lösen vorhanden sein mufs. Die Sicherung ist erforderlich, wenn die Sicherheitskupplung nicht eingehängt wird, wie z. B. bei Güterwagen mit durchgehender Bremse. Die Sicherung ist auch durch den IEV empfehlend vorgeschrieben. Die Ausführungsform soll aber den Verwaltungen überlassen bleiben.

Gleichfalls neu aufgenommen ist die Ziffer 5, da selbsttätige Mittelkupplungen nicht ständig verbundener Fahrzeuge sich mit der Schraubenkupplung verbinden lassen müssen.

Der Aufstellung des Punktes 6 hinsichtlich der Ausführung der Laschen und Spindeln lagen die Beschlüsse des Internationalen Eisenbahnverbandes zugrunde, die in der Frage der Widerstandsfähigkeit der Wagenkupplungen der im internationalen Verkehr zugelassenen Fahrzeuge in der Sitzung in München, 30. April bis 4. Mai 1925, gefafst worden sind (vergl. IEV-Zeitschrift Nr. 13/14 vom Nov./Dez. 1925, Seite 45).

8. Änderung der Höchstgrenze des Übersetzungsverhältnisses der Handbremsen im § 131 Absatz 7 der TV.

Im Internationalen Eisenbahnverband (vergl. Zeitschrift des Internationalen Eisenbahnverbandes Heft 2/3, vom Dezember 1924/Januar 1925 und Heft 13/14 vom November/Dezember 1925) wurde als gröfstes Übersetzungsverhältnis der Handbremsen der Wert 1 : 1400 festgelegt und aufserdem beschlossen, dafs bei neu zu bauenden Güterwagen eine durch den Bremser an der Kurbel oder dem Handrade ausgeübte Kraft von 50 kg eine Bremskraft von 60 % der Summe des Eigengewichts und des Ladegewichts des Wagens ergeben soll. Bleibt der Bremsklotzdruck unter dem so bestimmten Mindestmafs, so ist am Wagen anzuschreiben, welches Gewicht im Höchstfalle abgebremst werden kann.

Um eine Übereinstimmung des bisherigen Absatzes 7 des § 131 der TV mit der vom IEV angenommenen Fassung zu erreichen, erschien es geboten, den Wortlaut der TV von Grund auf zu ändern.

Da im IEV als gröfstes Übersetzungsverhältnis der Wert 1400 angenommen wurde, war der Wagenbauausschufs sich darüber einig, dafs diese Grenze auch im VDEV festzulegen sei und dafs aus Gründen der Betriebssicherheit nicht mehr höher gegangen werden solle. Es ist vielmehr anzustreben, den Wirkungsgrad der Bremse durch konstruktive Mafsnahmen soweit möglich zu verbessern und die selbsttätige Einhaltung eines kleinen Bremsklotzabstandes sicherzustellen.

Die Fassung des IEV vermerkt nichts über eine höchstzulässige prozentuale Abbremsung. Es wird daher auch im VDEV von einer derartigen Bestimmung abzusehen sein und zwar:

weil eine einwandfreie Festlegung der oberen Grenze für das Abbremsungsverhältnis wegen der Verschiedenartigkeit der Reibungswerte zwischen Bremsklötzen und Rädern einerseits und zwischen Rädern und Schienen andererseits nicht möglich ist, und ferner, weil es wünschenswert ist, eine Bauart der Handbremse zu finden, bei der wie bei einer mit Bremsdruckregler versehenen Druckluftbremse der Klotzdruck bei Beginn der Bremsung ebenfalls über 100 % betragen und mit Abnahme der Geschwindigkeit selbsttätig vermindert werden kann.

Die Vorschrift, dafs mindestens zwei Achsen des Wagens zu bremsen sind, wird nicht mehr für erforderlich gehalten, weil die neue Fassung die Abbremsung von mindestens zwei Achsen in jedem Falle vorsieht.

Der Technische Ausschufs beschlofs, bei der Neubearbeitung der TV, an Stelle des bisherigen Wortlautes des § 131 Abs. 7 der TV folgende neue Fassung aufzunehmen:

»Die Übersetzung der Spindelbremsen vom Kurbelhandgriff bis zu den Bremsklötzen darf das Verhältnis 1 : 1400 nicht überschreiten.

Das Bremsgestänge mufs so angeordnet werden, dafs mit einer Kraft von 50 kg an der Kurbel ein Bremsklotzdruck von mindestens 60 % des Gesamtgewichtes (Eigengewicht und Ladegewicht) bei Güterwagen und mindestens 60 % des Eigengewichtes bei zwei- und dreiachsigen Personen-, Post- und Gepäckwagen erreicht wird. Bei Ermittlung des Bremsklotzdruckes mufs der Wirkungsgrad des Bremsgestänges mitberücksichtigt werden.

Lassen sich diese Bremsklotzdrucke auch bei einer Übersetzung von 1 : 1400 nicht erreichen, so mufs an diesen Wagen das Gewicht angeschrieben werden, von dem 60 % abgebremst sind.

Bei vier- und mehrachsigen Personen-, Post- und Gepäckwagen mufs die Übersetzung im Bremsgestänge 1 : 1400 betragen.«

9. Störende Rücklichter bei Automobilen und Radfahrern.

Es sind bereits wiederholt Fälle vorgekommen, dafs Eisenbahnzüge durch die roten Rücklichter von Radfahrern oder Automobilen zum Anhalten gebracht wurden. Dieser Umstand würde zwar an und für sich keine Gefahr, sondern nur eine — allerdings störende — Beeinflussung des Bahnbetriebes bedeuten; anders wird jedoch die Sache dann, wenn man in Betracht zieht, dafs solche Fälle dadurch zu einer ausgesprochenen Gefahrenquelle werden können, dafs sich beim Fahrdienstpersonale, namentlich bei den Lokomotivführern, mit der Zeit der Gedanke einlebt: »Es gibt rote Lichtsignale, die für uns keine Gültigkeit haben,« und dadurch zu einer lässigeren Auffassung der so grundlegend wichtigen Bedeutung des roten Lichtes im Eisenbahnsignaldienst kommt.

Da nun eine internationale Regelung des Strafsenverkehrs in dem Sinne bevorsteht, dafs das rote Rücklicht für Kraftfahrzeuge international verbindlich erklärt werden soll, wurde beantragt, der Verein Deutscher Eisenbahnverwaltungen möge seine Mitglieder ersuchen, in den internationalen Verbänden den Standpunkt einzunehmen und zu vertreten, dafs alle Farbensignale, die bei den Eisenbahnen Verwendung finden — mit Ausnahme des weifsen Lichtes —, für den Strafsenverkehr ausdrücklich ausgeschaltet werden, und dafs weiter die Vereinsverwaltungen eingeladen werden, im gleichen Sinne an ihre Eisenbahnaufsichtsbehörden heranzutreten.

Da kein Zweifel darüber besteht, dafs die Signallichter der Strafsenfahrzeuge nicht nur eine Störung für das Eisenbahnfahrdienstpersonal bedeuten, sondern gerade durch die Ständigkeit der Störung eine ungünstige Beeinflussung auf den Eisenbahndienst ausüben können, so hat sich der Ausschufs grundsätzlich der Auffassung angeschlossen, dafs besonders die Zulassung roter Rücklichter bei Radfahrern oder Automobilen für die Eisenbahnen Gefahren in sich bergen würde. Wenn dem Lokomotivführer ein in der Form sichtbares rotes Licht in der Zukunft nicht mehr unbedingt ein »Halt« bedeuten soll, so werden Unfälle nicht zu vermeiden sein. Um daher einen ungestörten und ungefährdeten Eisenbahnbetrieb trotz der neben der Eisenbahn herlaufenden Autostrafsen aufrecht erhalten zu können, ist es erforderlich, dafs alle Farbensignale,

die bei der Eisenbahn verwendet werden — mit Ausnahme des weifsen Lichtes —, für den Strafsenverkehr verboten werden.

Es wird daher bei der Vereinsversammlung beantragt werden, dafs die Vereinsverwaltungen gehalten sein sollen, bei ihren Staatsregierungen darauf hinzuwirken, dafs ein solches Verbot erlassen wird, und dafs auch die Mitglieder der Vereinsverwaltungen in den internationalen Verbänden den gleichen Standpunkt einnehmen.

Aufser diesen Beratungsgegenständen wurden noch eine Reihe anderer behandelt, doch wurden keine Beschlüsse von allgemeiner Bedeutung gefafst, so dafs von einer Wiedergabe hier abgesehen werden kann.

Im Anschlufs an die Tagung wurden noch zwei Vorträge gehalten, die in dankenswerter Weise die Herren Ministerialrat Engels von der Generaldirektion der Österreichischen Bundesbahnen und Reichsbahnoberrat Herwig vom Reichsbahnzentralamt Berlin übernommen hatten.

Herr Ministerialrat Engels sprach über

Dampfheizung der Züge.

Er führte aus, dafs die Dampfheizung für Züge erst in den letzten 15 Jahren eine raschere Entwicklung durchgemacht habe. Am wichtigsten für die ausgiebige Beheizung langer Züge sei eine durchgehende Leitung mit weiten Querschnitten. Solange die einteilige Vereinskupplung mit ihrem geringen Durchgangsquerschnitte allgemein als einzige Kupplung eingeführt war, konnten in dieser Richtung keine Verbesserungen eintreten. Durch die Festlegung des Kupplungskopfes für zweiteilige Heizschläuche in den TV wurde der Durchmesser des lichten Querschnitts der Kupplung von 28 mm auf 45 mm erweitert. Nach allgemeiner Einführung zweiteiliger Heizschläuche und Erweiterung der Rohrleitung dürften die längsten derzeit zu befördernden Züge ohne Kesselwagen geheizt werden können. Nach einer kurzen Besprechung der Einrichtung auf der Lokomotive, besonders des Minderungsventils, wurde an Hand von Lichtbildern die Entwicklung der Dampfheizung von der Wärmflasche und der Hochdruckheizung bis zu den neuzeitlichen Drucklosheizungen besprochen. Die Entwicklung der Dampfheizung bis zum Jahre 1917, wo alle Vorbedingungen für eine neuzeitliche Dampfheizung geschaffen waren, sind ähnlich dem Vortrage bereits im Organ, IV. Band, 21. Heft, niedergelegt. Die vom Vortragenden besprochene Weiterentwicklung soll demnächst ausführlich im Organ wiedergegeben werden.

Sodann sprach Herr Reichsbahnoberrat Herwig über:

Ausgestaltung des Oberbaues und der Weichen der Deutschen Reichsbahn.

Der Vortragende erörterte zunächst die Gesichtspunkte, die für die neue Form der Reichsbahnschiene mafsgebend waren. Er hob hervor, dafs für die Wirtschaftlichkeit der Schiene nicht nur die zweckmäfsige Ausgestaltung ihres Querschnittes, sondern auch der Widerstand ihres Stoffes gegen Abnutzung ausschlaggebend sei, und dafs Mittel und Wege gefunden werden müssen, eine möglichst grofse Verschleifsfestigkeit zu erhalten. Die Deutsche Reichsbahn habe in den letzten Jahren umfangreiche Versuche mit Schienen besonderer chemischer Zusammensetzungen mit vergütetem und in besonderer Ausführungsart hergestellten Schienenstahl eingeleitet, die hoffentlich bald zu einem allen Anforderungen entsprechenden Stoff führen werden. Neben der Frage der Verminderung der gleichmäfsigen Abnutzung des Schienenkopfes ist auch die Bekämpfung der Riffelbildung von besonderer Bedeutung. Es wurde über den Stand der zur Erforschung der Ursachen durchgeführten Untersuchungen und über die hinsichtlich der Entstehung der Riffeln aufgestellten Theorien im einzelnen berichtet.

Nachdem dann noch kurz die Gründe gestreift wurden, die für die Form der Querschwelle, namentlich der Eisenschwelle, für die Schwellenentfernung und Schwellenlänge mafsgebend waren, wurde die eigentliche Konstruktion des Oberbaues behandelt.

Es wurden die an eine technisch einwandfreie und wirtschaftlich günstige Befestigung der Schiene auf der Schwelle zu stellenden Anforderungen erläutert und diejenigen Gesichtspunkte angeführt, die zu den verschiedenen neuen Oberbauarten, Reichsoberbau B. O und K geführt haben.

Bei der Behandlung der Verbindung der Schienen untereinander wurden die seither zur Anwendung gekommenen verschiedenartigen Stofsbauarten, der schwebende und feste Stofs mit einfachen und verstärkten Laschen, die mannigfachen Arten der radtragenden Laschen und Stofsfangschienen, die vorhandenen verschiedenen Blattstofskonstruktionen, die Brückenstofsanordnungen, der Doppelschwellenstofs usw. mit ihren Vor- und Nachteilen erläutert. Auch wurde kurz auf die neuerdings auch in Hauptgleisen versuchsweise durchgeführte Schweifsung der Stöfse eingegangen.

Im zweiten Teil des Vortrages wurden sodann die für die Durchbildung der Reichsbahnweichen aufgestellten Richtlinien erörtert. Hierbei ist von besonderer Wichtigkeit, dafs die Beseitigung der jetzt noch vorhandenen Verschiedenheiten der früheren Länderverwaltungen und Schaffung eines einheitlichen Systems angestrebt wird.

Die künftige Weiche wird hinsichtlich ihrer Tragfähigkeit den schwersten Betriebslasten angepafst, vor allem aber auch in geometrischer Hinsicht derart ausgebildet, dafs sie mit gröfserer Geschwindigkeit betriebssicher befahren werden kann und einen zwängungsfreien Lauf der Fahrzeuge bei ungünstiger Achsanordnung ermöglicht. Sie erhält grofse Halbmesser und tunlichst sanften Übergang vom Bogen zur Graden. Daher wird von gekrümmten Herzstücken weitgehend Gebrauch gemacht, die Zungen werden ohne Überschneidung ausgeführt, die Herzstücke erhalten engere Rillen mit schlankem Einlauf. Auch verkürzte Kreuzungsweichen mit gemeinsamer Mittelschiene und aufserhalb der einfachen Herzstücke liegenden Zungen werden in grofsem Umfange Verwendung finden. Im übrigen werden in konstruktiver Hinsicht die Einzelteile der Weiche, namentlich Zungendrehstuhl, Radlenker, Herzstück usw. wesentlich verbessert werden. Auch dieser Vortrag wird ausführlich wiedergegeben werden.

Seine nächste Sitzung wird der Technische Ausschufs des Vereins am 6. bis 8. Juni 1928 in Dresden abhalten. C.

Jahresringbreite und Festigkeit des Kiefernholzes.

Ein Beitrag zur Anatomie des Archangelskholzes.

Von Dr. **Liese**, Privatdozent an der Forstl. Hochschule Eberswalde.

Sehr häufig begegnet man der Auffassung, dafs Kiefernholz eine um so bessere Beschaffenheit besitze, je engringiger und gleichmäfsiger es gewachsen ist. In der Tat zeigt ein derart gebautes Holz hervorragende Eigenschaften und wird im allgemeinen hoch geschätzt. Indessen darf diese Ansicht nicht verallgemeinert werden. Wie aus den Untersuchungen von Bauschinger*), Schwarz**), Schwappach***) hervorgeht, ist die Festigkeit und das spezifische Gewicht

*) Mitt. a. d. mech.-techn. Lab. der Königl. techn. Hochschule München 1883.

**) Dickenwachstum und Holzqualität von Pinus silvestris 1899.

***) Unt. üb. Raumgewicht und Druckfestigkeit d. Holzes wichtiger Waldbäume. I. Die Kiefer. Berlin 1897.

eines Holzes nicht abhängig von der Jahresringbreite, sondern vor allem von dem im Sommer gebildeten Holze (Spätholz oder Sommerholz, bisweilen auch Herbstholz genannt). Dieses Holz ist viel dickwandiger als das im Frühjahr entstehende Frühholz und daher bereits mit unbewaffnetem Auge an der dunkleren Färbung erkennbar. Wir bezeichnen den prozentualen Anteil des Spätholzes am ganzen Jahresring als das Spätholzprozent. Nach Schwappach beträgt dieses bei einer normalen norddeutschen Kiefer 30 % und mehr. Ist weniger Spätholz vorhanden, so besitzt das Holz ein kleineres spezifisches Gewicht und eine geringere Festigkeit. Dies trifft vor allem häufig für sehr breitringig (»schwammig«) erwachsenes Holz zu; dieses wird daher mit Recht geringer bewertet. Wenig bekannt dürfte nun die Tatsache sein, dafs im geraden Gegensatz, d. h. bei besonderer Engringigkeit des Baumes, das Spätholzprozent und damit die Festigkeit ebenfalls zurückgehen kann.

Zum Beweis hierfür sollen im folgenden einige Untersuchungen an bestimmten Kiefernhölzern mitgeteilt werden. Veranlassung dazu gaben Beobachtungen an kiefernen Eisenbahnschwellen, die aus dem russischen Hafen Archangelsk seit langem nach vielen Gegenden Europas versandt werden. Es zeigte sich bei ihnen, dafs sich die Auflagenplatten der Schienen wesentlich tiefer in das Holz eindrückten, als bei anderen Kiefernschwellen*). Die Untersuchung wurde an 15 Abschnitten von Archangelskschwellen durchgeführt, die mir zur Verfügung gestellt wurden und wahllos auf den Lagerplätzen entnommen waren. An sämtlichen Abschnitten wurde die Breite der einzelnen Jahresringe und der Anteil des Spätholzes in radialer Richtung hintereinander von innen nach aufsen mikroskopisch aufgenommen. Zum Vergleiche wurden die von Schwappach gegebenen Zahlen für die deutsche Kiefer herangezogen, ferner weitere eigene Untersuchungen an je drei Schwellenabschnitten von finnischer und polnischer Kiefer. Insgesamt wurden etwa 7000 Messungen durchgeführt.

Das Holz der »Archangelskkiefer«, ebenfalls wie die deutsche Kiefer von Pinus silvestris stammend, ist durch eine sehr engringige, gleichmäfsige und kernreiche Beschaffenheit ausgezeichnet, wie es an den auf deutschen Lagerplätzen meist zu findenden Hölzern stets festzustellen ist; über 250 Jahre alte Stämme besitzen am Stammende häufig einen Durchmesser von nur 35 cm. Auch die Versuchshölzer zeigten gröfstenteils diesen engringigen Aufbau; bei manchen kamen auf 1 cm Breite sogar 33 Jahresringe. Nur zwei Schwellenstücke machten von dieser Regel eine Ausnahme, indem sie verhältnismäfsig breitringig gewachsen waren (5 bis 9 Jahrringe auf 1 cm); bei ihnen pafsten auch die Untersuchungsergebnisse weniger gut. Da genauere Angaben über den Heimatbezirk und dessen besondere klimatischen Verhältnisse nicht bekannt waren, konnte auch nicht festgestellt werden, inwieweit diese Abweichungen im anatomischen Bau des Holzes auf die Standortsbedingungen zurückzuführen sind. Eine restlose Verallgemeinerung der Ergebnisse über das Archangelskholz dürfte daher vielleicht nicht berechtigt sein.

Abgesehen von diesen Schwellenstücken zeigten sämtliche untersuchten Hölzer in allen Teilzonen ein Spätholzprozent, das fast stets unter 25 %, häufig genug sogar zwischen 15 bis 20 % lag**). Meist liefs sich sein allmählicher Abfall mit dem Alter feststellen; das jüngste, im allgemeinen auch engringigste Holz im Splinte hatte stets am wenigsten Spätholz gebildet. Soweit Unregelmäfsigkeiten zu beobachten waren, kamen Verletzungen oder nicht mehr erkennbare äufsere Einwirkungen (vermutlich des Standorts) in Betracht. Das geringe Spätholzprozent war aber keineswegs nur auf den Splint beschränkt, sondern meist ebenfalls im ganzen Kern, besonders in seiner äufseren Zone, zu beobachten. Da auf diese Teile beim Schwellenholz vor allem die Schienenauflager drücken, so wird die hier beobachtete starke Abnutzung verständlich.

Da das Spätholzprozent stets Verhältniswerte bezüglich des einzelnen Jahresringes angibt, so kann natürlich für eine bestimmte Holzbreite die Anzahl der Jahresringe keinen Einflufs auf das gesamte Spätholzprozent ausüben; es können also z. B. noch so viele enge Jahresringe in 1 cm Holzbreite vorhanden sein, das Spätholzprozent mufs, wenn es in jedem einzelnen Jahresring sehr gering ist, dann auch im Durchschnitt für das gesamte Holzstück sehr klein bleiben.

Die Vergleichsuntersuchungen von je drei finnischen und polnischen Schwellenabschnitten ergaben 26 bis 40 % Spätholz; sie sind natürlich viel zu gering, um daraus allgemein gültige Schlüsse zu ziehen; immerhin lassen sie erkennen, dafs das ebenfalls aus nördlichen Gegenden stammende finnische Holz ein hohes Spätholzprozent besitzen kann.

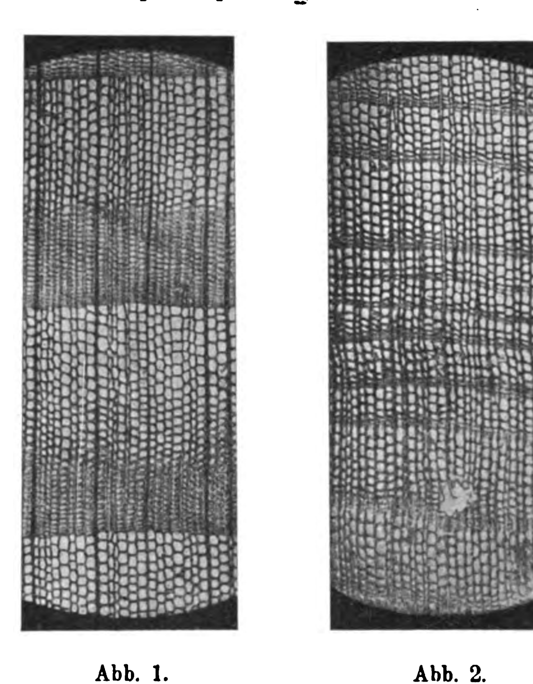


Abb. 1. Abb. 2.

Abb. 1. Querschnitt durch normales deutsches Kiefernholz.
Abb. 2. Querschnitt durch Archangelskholz.

Zum besseren Verständnis sind die folgenden beiden Abbildungen beigefügt; sie stellen photographische Aufnahmen von Querschnitten durch eine deutsche Durchschnittskiefer (Abb. 1) und eine Archangelskkiefer (Abb. 2) dar. Beide sind bei gleicher Vergröfserung aufgenommen. Auf der Abb. 1 sind im mikroskopischen Gesichtsfelde nur zwei Jahresringe vorhanden, die etwa 43 und 34 Prozent Spätholz aufweisen; das Holz ist also nach Schwappach hinsichtlich seiner mechanischen Eigenschaften als gut zu betrachten. Die Abbildung 2 des Archangelskholzes zeigt einen wesentlich engringigeren Bau: etwa 9 Jahresringe nehmen hier die gleiche Breite ein. Trotz dieser Engringigkeit ist aber das Spätholzprozent recht klein: es schwankt zwischen 13 bis 23 % in den einzelnen Jahresringen.

Der geringe Anteil des Spätholzes am ganzen Jahresring mufs sich auch in dem spezifischen Gewicht bemerkbar machen. Es wurden daher aus je einem Holzstück der drei untersuchten Heimatgegenden verschiedene Probeklötzchen entnommen, ihr Rauminhalt genau berechnet und ihr absolutes Trockengewicht nach einer mehrstündigen Trocknung bei 105° C bestimmt. Hieraus wurde das für genaue wissenschaftliche

*) Vergl. Maas-Geesteranus, diese Ztschr. 1927, S. 191.
**) Die ausführliche Tabelle erscheint demnächst in der Ztschr. f. Forst- und Jagdwesen.

Untersuchungen allein brauchbare spezifische Absoluttrockengewicht (Darrgewicht) berechnet. Das Ergebnis war folgendes:

Herkunft		Spezifisches Absoluttrockengewicht
Archangelsk I	Splint	0,363
	»	0,386
	Kern an Splintgrenze	0,417
	» » »	0,422
	Kern innen	0,424
Finnland I	Splint	0,524
	»	0,517
	Kern innen	0,441
Polen I	Splint	0,527
	Kern an Splintgrenze	0,512
	Kern innen	0,394

Wenn auch zu berücksichtigen ist, dafs das spezifische Gewicht des Holzes in einem Baume nicht überall gleich ist, und z. B. im unteren Stammteil gröfser zu sein pflegt als oben, so sind doch die grofsen Unterschiede in der vorstehenden Tabelle mit einer verschiedenen Lage im Stamme nicht zu erklären. Die Zahlen lassen vielmehr einwandfrei das auffallend geringe Gewicht des Archangelskholzes erkennen, eine Tatsache, die übrigens auch den Holzhändlern nicht fremd sein dürfte. Ferner geben sie einen weiteren Beweis für die vor allem durch Schwappachs Untersuchungen gewonnene Kenntnis von der Abhängigkeit zwischen spezifischem Gewicht und Spätholzprozent.

Mit den Untersuchungsergebnissen steht auch die auffallende Weichheit des Archangelskholzes im Einklang; mit Leichtigkeit lassen sich bei ihm auf glatten Holzflächen Eindrücke mit dem Fingernagel herstellen; es gleicht in dieser Hinsicht etwas dem Holz der Weymouthskiefer. Auch seine leichte Bearbeitungsmöglichkeit ist hierauf zurückzuführen.

In den Fällen, wo auf die mechanischen Eigenschaften des Holzes besonderer Wert gelegt werden mufs, ist also das Archangelskholz weniger zu empfehlen. Hier steht es den deutschen und polnischen Kiefern unbedingt nach, die unter anderen Bedingungen erwachsen sind.

Die Ursache für die verschiedene Beschaffenheit des Kiefernholzes hinsichtlich der Herkunft dürfte in den klimatischen Bedingungen des Heimatstandortes liegen. Die aus dem Archangelskhafen kommenden Kiefern entstammen dem hohen Norden in der Nähe der Baumgrenze; die kurze Vegetationszeit ermöglicht es dort dem Baume nicht, sein Spätholz in der wünschenswerten Breite anzulegen. Sofern festeres Holz vorkommt, dürfte es vielleicht aus südlicheren Gegenden mit besseren klimatischen Bedingungen stammen; sicher läfst sich das natürlich nicht aussagen. Die finnischen Hölzer scheinen nach den wenigen mitgeteilten Untersuchungen und sonstigen Beobachtungen bessere mechanische Eigenschaften zu besitzen. Die polnische Kiefer ist der deutschen gleich zu setzen.

Dafs übrigens auch in anderen Ländern eine auffallend geringe Spätholzbildung als Folge besonderer klimatischer Verhältnisse eintreten kann, geht aus den Mitteilungen von Schwappach über die schottische Kiefer hervor; hier läfst die verhältnismäfsig geringe Sommerwärme trotz sehr langer Vegetationsdauer keine genügende Ausbildung des Spätholzes zu.

*) Forstl. Studienreise nach Schottland, Ztschr. f. F. u. Jgdw. 1896.

Der heutige Stand der Holztränkung.

Von Eisenbahndirektor Dr. J. Dehnst, Berlin.

Das Holz ist einer der meist verwendeten Baustoffe, gleichzeitig aber wohl auch jener, der am leichtesten und schnellsten dem Verderb anheimfällt.

Diese Erscheinung ist schon lang bekannt und man hat versucht, dieser Holzverderbnis entgegenzuarbeiten, indem man z. B. das Holz ankohlte, eine Mafsnahme, die noch heute, aber mit nur zweifelhaftem Erfolge angewendet wird. Für die Eisenbahnen mit ihrem riesigen Bedarf an Schwellen, Stangen usw. wurde die Holzkonservierung so wichtig, dafs zu ihrer Lösung überall zahlreiche und kostspielige Versuche gemacht wurden. Hatte sich doch herausgestellt, dafs die mittlere Gebrauchsdauer ungetränkter Eisenbahnschwellen sich beläuft auf

4 bis 5 Jahre bei Kiefernholz,
2 » 3 » » Buchenholz,
12 » 15 » » Eichenholz,

wenn diese Schwellenarten in vollständig gesundem Zustand in die Gleise eingebaut wurden.

In Bergwerken erstreckt sich die Lebensdauer der eingebauten rohen Hölzer oft nur auf wenige Monate (siehe Abb. 1).

Bei besonders starker mechanischer Beanspruchung wird diese Gebrauchsdauer noch nicht einmal erreicht; man mufs sogar mit einer weiteren Verringerung rechnen, weil der »völlig gesunde« Zustand der rohen Schwellen bei der zur Verarbeitung auf Schwellen in Frage kommenden Güte des Holzes oft nur in beschränktem Mafse erreicht werden kann, vielmehr ein oft erheblicher Teil der Schwellen schon beim Einbau von Holzzerstörern befallen ist. Im Hinblick auf diese Verhältnisse, auf die hohen steigenden Holzpreise und Arbeitslöhne für das Auswechseln der zerstörten Schwellen, liegt es auf der Hand, dafs es sowohl für die Verbraucher von Holzschwellen als im volkswirtschaftlichen Nutzen dringend geboten ist, die Gebrauchsdauer der hölzernen Schwellen etc. durch Tränkung möglichst zu verlängern.

Im Laufe des vorigen Jahrhunderts, etwa von 1840 an, sind in zahlreichen Versuchen alle möglichen Öle und wässerigen



Abb. 1. Wiedergabe von Grubenstempeln und zwar Nr. 76 getränkt mit „Wolman-Salz“ nach 10jähriger Standdauer, Nr. 82 ungetränkt nach 10monatlicher Standdauer unter gleichartigen Verhältnissen in der Grube.

Salzlösungen verwendet worden, um das Holz gegen Fäulnis zu schützen. Als man erkannt hatte, dafs das Holz zu diesem Zwecke möglichst durch und durch mit Schutzstoff versehen werden mufs, waren bald für diesen Zweck geeignete Apparate hergestellt, in denen unter Anwendung von Luftleere und Flüssigkeitsdruck die Hölzer einer Tränkung unterworfen wurden. Hierbei zeigte sich, dafs von den hauptsächlich in Frage kommenden Hölzern (Kiefer, Eiche und Buche) nur die Buche im ganzen Holzkörper (mit Ausnahme etwa vorhandenen roten Kernes), durchtränkbar ist, bei Kiefer und Eiche aber nur der Splint; das ist aber gerade jener Teil der Gebrauchshölzer, der im wesentlichen der Fäulnis unterliegt, während das Kernholz im grofsen und ganzen auch im nicht durchtränkten Zustande der Fäulnis nicht oder doch nur weit geringer anheimfällt. Von den vielen rein erfahrungsmäfsig versuchten Tränkstoffen haben sich bis zur Jahrhundertwende nur wenige als gut oder doch einigermafsen zufriedenstellend erwiesen, und zwar: das Chlorzink, der Kupfervitriol, das Quecksilberchlorid und das Steinkohlenteeröl; besonders das Steinkohlenteeröl hat sich für die Holzkonservierung als ausgezeichnet erwiesen, während Teeröle anderer Herkunft (Braunkohlenteeröl, Erdöl, Öle aus Schiefer, Torf u. dergl.) sich mehr oder weniger ungeeignet erwiesen haben.

Die dauernde Schutzwirkung des Steinkohlenteeröles ist in seiner Zusammensetzung begründet. Es enthält eine grofse Zahl von Verbindungen teils saurer, teils basischer, teils neutraler Natur; einige davon sind in Wasser leichter oder schwerer löslich, andere ganz unlöslich; beim Erhitzen des Teeröls destilliert der gröfste Teil zwischen 200 bis 400° C über und hinterläfst hierbei wechselnde Mengen nicht unzersetzbar destillierender, pechartiger Stoffe (Bitumen). Alle diese Stoffe wirken giftig auf die zahlreichen Holzschädlinge und es sind je nach der Art einzelner Schädlinge auch die einzelnen Teerbestandteile von verschieden starker Wirkung. Es findet also jeder Holzschädling im Teeröl einen für ihn besonders giftigen Stoff und es ist falsch, einzelnen oder einer besonderen Gruppe von Bestandteilen des Teeröles die Wirkung des Teeröles zuzusprechen. Wohl aber sind, z. B. die hochsiedenden Bestandteile befähigt, die wasserlöslichen oder leichter verdunstenden Stoffe vor dem Auswaschen und Verdunsten zu schützen und längere Zeit im Teeröl zurückzuhalten, wenngleich dieser Schutz kein absoluter ist. Im Laufe der Zeit verläuft demnach die Giftwirkung des Teeröles in der Weise, dafs von vornherein seine sämtlichen Bestandteile auf die jeweils in Frage kommenden Holzschädlinge wirken, die leichter siedenden Stoffe allmählich verdunsten, die wasserlöslichen ausgewaschen werden und schliefslich der Rest die schützende Arbeit übernimmt; die Gesamtwirkung des Teeröles ist also der Mischung der in ihm enthaltenden Einzelstoffe zuzuschreiben und nicht einem einzelnen davon, wenn auch die Wirkung der Einzelstoffe unter sich verschieden ist auf die verschiedenen Schädlinge.

Ein gutes Chlorzink und das Teeröl sind ohne nennenswerten Einflufs auf das Eisen der Tränkungskessel während des Tränkprozesses und können daher beide für sich oder in Mischung miteinander in starken Druckkesseln in das Holz eingeprefst werden; unter Anwendung von Luftleere und darauf folgendem, genügend starkem Flüssigkeitsdruck kann der durchtränkbare Teil des Holzes vollständig mit Tränkflüssigkeit gefüllt werden; deshalb wird die Tränkung nach diesem Verfahren als »Volltränkung« bezeichnet.

Bei einer Volltränkung nimmt
der m³ Kiefernholz rund 140 bis 250 kg,
der m³ Fichtenholz rund 80 » 100 kg,
der m³ Buchenholz rund 270 » 350 kg
Tränkungsstoff auf.

Während für die Volltränkung mit Chlorzinklösung, die in einer Stärke von etwa $2^1/_2$ (bis höchstens $8^0/_0$ in Ausnahmefällen) verwendet wurde, genügende Gebrauchsmengen zur Verfügung stand, war das nicht der Fall für die Volltränkung sämtlicher hölzernen Schwellen mit Teeröl, bis Anfang dieses Jahrhunderts die grofsen Kokereien zur Gewinnung von Nebenerzeugnissen (Ammoniak und Teer) übergingen und dadurch riesige Mengen Teer als Ausgangsstoff für Teeröl erhalten wurden. Dementsprechend wurden bis zu dieser Zeit nur die eichenen und buchenen Schwellen mit Teeröl allein getränkt, die kiefernen aber mit Chlorzinklösung oder mit einer Mischung von Chlorzink und Teeröl; auch ein Teil der Telegraphenstangen wurde mit Teeröl getränkt, ein anderer Teil mit Kupfervitriol und der Rest mit Quecksilberchlorid. Während aber das Teeröl und die Chlorzinklösung für sich oder in Mischung mit Teeröl in eisernen Kesseln verwendet werden konnten, war dies nicht der Fall bei Kupfervitriol und dem Quecksilbersalz; diese Salze greifen Eisen unter Ausscheidung des wirksamen Kupfers und Quecksilbers so stark an, dafs ihre Verwendung in eisernen Kesseln unmöglich ist. Trotzdem aber hat sich bis in die neueste Zeit hinein deren Anwendung zur Tränkung von Stangen erhalten in der Form, dafs diese nach guter Schälung und Trocknung in eine Lösung von Quecksilberchlorid etwa 5 bis 10 Tage lang untergetaucht werden, was in hölzernen Bottichen vorgenommen werden kann (Eintauchverfahren von Kyan), oder dafs die frisch gefällten, ungeschälten und saftfrischen, schwach geneigt gelagerten Bäume an den höher gelegenen Stammenden mit einer geeigneten Gummikappe oder einer ähnlich wirkenden Schlufsvorrichtung versehen wurde, die mit einem höher (etwa 10 m) gestellten Gefäfs mit Kupfervitriollösung durch Röhren in Verbindung stand. Durch hydrostatischen Druck verdrängte dann die Kupfervitriollösung den Holzsaft des Baumes und erfüllte so an dessen Stelle alle durchtränkbaren Teile der kiefernen und tannenen Stangen mehr oder weniger vollständig (Verfahren von Boucherie). Die Gebrauchsdauer der kyanisierten oder boucherisierten Stangen wurde dadurch nennenswert erhöht, aber die beiden Verfahren erwiesen sich doch ebenso wie die Chlorzink- und Mischungstränkung dem der Tränkung mit reinem Teeröl weit unterlegen sowohl in bezug auf die Gebrauchsdauer der getränkten Hölzer als auch der sicheren Ausführbarkeit der Verfahren selbst; auch verlangen diese Verfahren ganz gesundes Holz. Bei dem Kyanverfahren, wie bei allen Eintauchverfahren, durchdringt der Schutzstoff nicht das gesamte durchtränkbare Holz; das Quecksilbersalz wird vom Holz stark adsorbiert und dringt nur wenige Millimeter tief ein, so dafs nur die äufserste Schicht des Holzes vor Holzzerstörern geschützt ist. Diese dünne Schutzschicht ist leicht mechanisch zerstörbar, daher ihre Schutzwirkung gegen künftige Erkrankung vergänglich; ohne schützenden Einflufs ist die Kyanisierung auf bereits im Innern erkranktes Holz (siehe Abb. 2a und 2b). Bei der Verwendung von Chlorzink ergab sich eine ungemein verschiedene Gebrauchsdauer der Schwellen zu verschiedenen Zeiten und an verschiedenen Orten, es schwanken die Angaben zwischen 4 bis 20 Jahren für mit Mischung getränkte Schwellen. Durch mühsame Untersuchungen der Eisenbahnversuchsanstalt in Berlin konnten einige Ursachen dieser Unstimmigkeiten in einem oft zu hohen Gehalte des Chlorzinks an freier Salzsäure und Eisenchlorür erkannt werden. Beide Körper sind von schädlichem Einflufs auf Holz, und das Eisen der Befestigungsmittel der Schienen wird langsam gelöst zu Verbindungen, die im Laufe der Zeit tiefer in die Schwelle eindringen und das Holz zerstören. Solche Schwellen sind besonders an den Befestigungsstellen der Schienen oft in hohem Grade zerstört worden.

So erwiesen sich die Verfahren der Holzkonservierung mit wässerigen Lösungen der genannten Salze als sehr verbesserungsbedürftig und die Volltränkung mit Teeröl erforderte sehr hohen Kostenaufwand, der allenfalls bei den teuren Harthölzern tragbar erschien. Wenn sich deshalb das

Streben nach besseren und billigeren Verfahren und Tränkungsstoffen rechtfertigt, so mufs man doch sagen, dafs die Erfolge der rein aus der Erfahrung entwickelten Tränktechnik wohl zu beachten sind; in hohem Grade hat zu diesen Erfolgen die Lebensarbeit von Julius Rütgers beigetragen.

Inzwischen hatten die deutschen Forscher Hartig und Tubeuf als Ursachen der Holzzerstörung durch Fäulnis die Lebenstätigkeit von Pilzen erkannt, die in das Holz eindringen; diese holzzerstörenden Pilze scheiden Säfte (Enzyme) aus, die einzelne oder alle Bestandteile des Holzes auflösen, so dafs diese dann den Pilzen selbst zur Nahrung dienen. Eine sehr grofse Anzahl solcher holzzerstörenden Pilze ist heute festgestellt und deren Lebenstätigkeit erforscht; es hat sich gezeigt, dafs die einen hauptsächlich die Zellulose, die anderen die Ligninteile des Holzes auflösen, alle aber das Holz auf diese Weise zerstören. Die genannten Forscher haben die Holzzerstörung durch Pilze auf das bestimmteste festgestellt, sie konnten nach Belieben gesunde Hölzer durch von solchen Pilzen befallene Hölzer unter geeigneten Umständen anstecken und haben durch Beobachtung der Lebensweise dieser Pilze die Holzkonservierungstechnik auf wissenschaftliche Grundlage gestellt. In der preufsischen Eisenbahnversuchsanstalt ist diese Errungenschaft um 1900 benutzt worden, um mit Hilfe der Kochschen Methoden zur Züchtung von Bakterien auf künstlichen Nährböden die abtötende Kraft von Pilzgiften vergleichsweise festzustellen; es wurden als Pilze Mucor mucedo oder Penicillium crustaceum, als Nährböden die Kochsche Bouillon-Gelatine oder Agar benutzt in Röhrchen oder Petrischalen. Es ergab sich die pilztötende Kraft von Teeröl und Chlorzink auf solchen Nährböden wie 3:1 und die der reinen Karbolsäure gleich der von Steinkohlenteeröl, das von Karbolsäure befreit war.

Durch Verwendung von Agar-Nährböden in Kolleschalen, Aufimpfen von echten holzzerstörenden Pilzen in Reinkultur und Einbringen von rohen oder mit beliebig bemessenen Mengen von Pilzgiften imprägnierten Holzstücken auf das in den Kolleschalen kräftig wachsende Pilzmyzel haben in der Hauptsache die Rütgerswerke eine Methode geschaffen (die sie in entgegenkommendster Weise allen Fachleuten vorführen), die es ermöglicht, in ziemlich kurzer Zeit (4 bis 5 Monate) die pilztötende Kraft von Pilzgiften auf das genaueste zu ermitteln. So ist es dem erfahrenen Imprägnierungstechniker möglich, unter Berücksichtigung seiner Erfahrungen in so kurzer Zeit ein Urteil über die Veränderungsmöglichkeit und Wirtschaftlichkeit eines Tränkstoffes zu gewinnen. An der Ausarbeitung dieses Vorgehens war Professor Dr. Falck beteiligt. Damit sind aber die Wege gewiesen für das vorstehend angedeutete Streben nach besseren und wirtschaftlicheren Holzkonservierungsarten, als wie sie bis etwa 1900 in Gebrauch waren.

Zunächst liefs die genaue Feststellung der pilztötenden Kraft des Teeröles erkennen, dafs bei der Volltränkung sehr viel gröfsere Mengen aufgewendet werden als nötig.

Von den vielen auf Grund dieser Erkenntnis vorgeschlagenen Verfahren zur Verringerung der bei der Volltränkung erforderlichen Ölmengen hat sich das von Rüping eingeführte und nach ihm benannte Verfahren (D. R. P. 138933 von Wassermann) als so vorzüglich erwiesen, dafs schon vor dem Kriege allein in Europa und Amerika jährlich 4 Millionen m³ Holz = ungefähr 40 Millionen Schwellen danach imprägniert wurden.

Das Rüping-Verfahren besteht darin, dafs man in geschlossenen Gefäfsen zunächst Prefsluft unter einem Druck von 1 bis 4 at und dann unter einem höheren Druck bis 8 at reines Teeröl in das Holz einprefst; nachdem dieser Öldruck durch fortwährendes Nachpressen von Öl genügend lang aufrecht erhalten worden ist, wird das Öl abgelassen, wobei sich die im Holz aufgespeicherte Prefsluft ausdehnt und einen grofsen Teil des in das Holz eingeprefsten Öles wieder austreibt, was man noch vervollständigt durch Anwendung einer Luftleere. Man erreicht so, dafs nur die Zellwände des Holzes mit Öl in einer Menge getränkt sind, die zum Schutze des Holzes gegen Pilze vollkommen genügt, während die Zellen selbst mit Luft gefüllt sind, wie gewöhnliches, trockenes Holz. Der Unterschied zwischen dem Volltränkungs- und dem Rüping-Verfahren ist aus folgender Zusammenstellung ersichtlich:

Art der Hölzer	Kiefer kg	Eiche kg	Buche kg
Aufnahme bei Volltränkg. je m³	250 bis 300	80 bis 100	270 bis 350
„ nach Rüping „	60 „ 70	50	145

Hierbei ist mit diesen geringeren Ölmengen der ganze aufnahmefähige Teil des Holzes gleichmäfsig durchtränkt; zum vollkommenen Keimschutz eines m³ Holzes ist bei Kiefernholz eine Menge von 4 bis 5 kg Teeröl erforderlich.

Es ist so ein Verfahren geschaffen, das alle bis dahin bekannten Verfahren übertrifft und man könnte annehmen, dafs damit die Frage der Holztränkung vollkommen gelöst sei; das ist aber nicht der Fall. Das Teeröl hat nämlich einen unangenehm durchdringenden Geruch und ist feuergefährlich; aus diesen Gründen eignet es sich nicht zur Tränkung von Holz, das in bewohnten Räumen oder in Bergwerken verbaut werden soll. Auch ist das Teeröl nicht überall zu mäfsigen Preisen erhältlich, die aufserdem bei grofsen Versandweiten durch hohe Frachtkosten erhöht werden; das trifft z. B. gegenwärtig für Rufsland zu. In diesen Fällen mufs man sich der wässrigen Lösungen geeigneter Salze bedienen, die auch die oben geschilderten Fehler von Chlorzink, Kupfervitriol und Quecksilbersalz und Teeröl nicht besitzen. Mit Hilfe der neuen biologischen Forschung hat man erkannt, dafs in den Fluorverbindungen Körper vorliegen, die in höherem Grade die gewünschten Eigenschaften besitzen; sie sind leicht zu mäfsigen Preisen erhältlich, haben hohe pilztötende Kraft, sind unempfindlich gegen Eisen und lassen sich mit vielen anderen pilztötenden Stoffen zusammen lösen, ohne Veränderung zu erleiden. Diese Lösungen lassen sich bei geeigneter Zusammensetzung ohne weiteres in den gleichen Apparaten, wie sie für das Rüping-Verfahren gebräuchlich sind, heifs oder kalt verwenden.

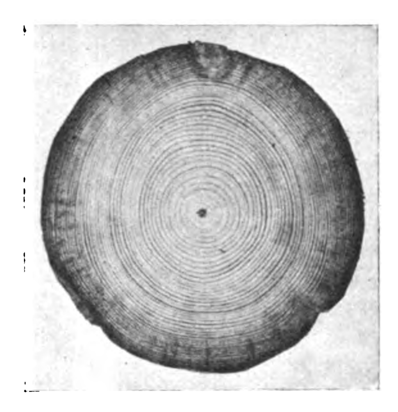


Abb. 2a. Nach dem Kyanverfahren getränkte Kiefer.

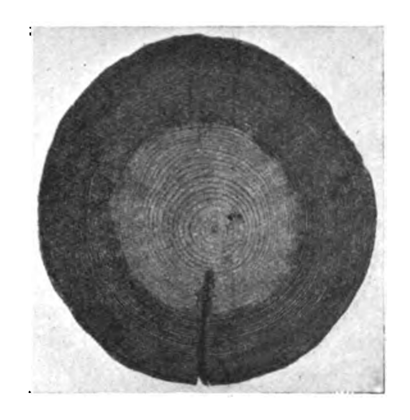


Abb. 2b. Unter Vacuum und Druck getränkte Kiefer.

Das geeignete Fluorsalz ist das Fluornatrium, das von Wolman in die Tränktechnik mit solchem Erfolg eingeführt ist, dafs z. Zt. über 100 Imprägnieranstalten des In- und Auslandes sich seiner dauernd bedienen. Wolman stellt verschiedene Salzgemische her, die als wesentliche Bestandteile Fluornatrium, Dinitrophenol und Bichromat enthalten und zu besonderen Zwecken noch Zusätze erhalten, wie Arsenverbindungen, wenn die Hölzer auch gleichzeitig gegen Zerstörung

durch Tiere, wie Termiten, geschützt werden sollen. Diese Salzgemische sind unter der Bezeichnung »Wolman-Salze« bekannt und werden in gröfstem Mafsstabe überall mit Erfolg verwendet; besondere Handelsmarken sind die Wolman-Salze Triolith, Fluoxyth, Thanalith, Glückauf, sowie der Schwammschutz »Rütgers«.

Es mufs hier auf die Wichtigkeit des Chromatgehaltes der Wolman-Salze hingewiesen werden. Ohne diesen Zusatz wirkt das Gemisch von Fluornatrium und Dinitrophenol angreifend auf das Eisen der Tränkeinrichtungen und der Schienenbefestigungsmittel; es entstehen dabei lösliche Eisenverbindungen, die, wie oben beim Chlorzink geschildert, das Holz zerstören. Ähnliche Salzgemische wie die Wolman-Salze sind unter den Namen »Basilit« und »Malenit« zur Holztränkung vorgeschlagen; sie bestehen hauptsächlich aus Fluornatrium und Dinitrophenolen, denen nach dem Vorbild des Chromats in den Wolman-Salzen Soda, Antimonsalze oder Anilin einverleibt sind.

Die Tränkung mit Wolman-Salz wird in der Weise ausgeführt, dafs eine etwa 70° heifse Lösung von Triolith und dergl. in den mit Holz gefüllten luftleer gepumpten Kessel eingefüllt und dann bis zu einem Druck von 7 bis 8 at dieselbe Lösung bis zur Volltränkung eingeprefst wird. Selbstverständlich kann auch die Rüpingsche Spartränkung mit Triolithlösung angewendet werden.

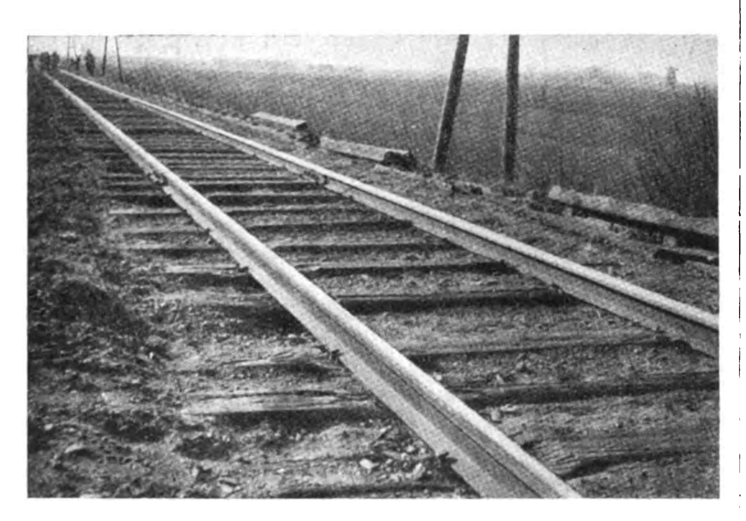


Abb. 3. Mit Basilit getränkte Kiefernschwellen in der Versuchsstrecke der Holländischen Staatsbahn bei Harlem nach 12jähriger Liegedauer. (Aufnahme von dem dänischen Sachverständigen Blichfeld-Petersen, Kopenhagen.)

Nach den Feststellungen des Staatlichen Materialprüfungsamtes Lichterfelde sind die Lösungen der Wolman-Salze in der zur Tränkung vorgeschriebenen Stärke ohne nennenswerten Einflufs auf Eisen sowohl in der Kälte wie in der Wärme und in dieser Beziehung dem »Malenit« und »Basilit« überlegen. Das mag wohl der Grund sein, weshalb Schwellen, die mit Basilit getränkt waren, schlechter im Gleise gehalten haben als Schwellen die mit Triolith behandelt waren. In einer Versuchsstrecke der Holländischen Staatsbahn mit 880 basilitgetränkten Schwellen waren diese nach etwa 11 jähriger Liegedauer zu 70 bis 80% splintfaul (siehe Abb. 3); ähnliche oder noch schlechtere Ergebnisse mit basilit-getränktem Holz sind aus der Schweiz und anderen Orten bekannt geworden, während 1 Million mit Triolith (Wolman-Salz) getränkter, von der Deutschen Staatsbahn verlegter Schwellen in der gleichen Zeit noch nicht 1% Abgang ergeben haben (siehe Abb. 4).

In einem jüngst veröffentlichen Aufsatz hat Dr. Rabanus nachgewiesen, dafs bei der Basilittränkung das Dinitrophenol-Anilin des Basilits vollständig von den äufseren Holzteilen aufgefangen wird, (weil diese Verbindung stark an den Holzfasern haftet) und dafs das Dinitrophenol-Anilin allmählich in Dinitrophenol übergeht. Diese Feststellungen erklären das oben angegebene bessere Verhalten im Gleise, das die mit Triolith getränkten Schwellen gegenüber den mit Basilit behandelten aufwiesen. In Bergwerken sind seit 1908 grofse Mengen von mit Wolman-Salzen getränkten Grubenhölzern eingebaut, die sich so gut bewährt haben, dafs heute von den überhaupt getränkten Grubenhölzern in Deutschland mehr als 90% mit Wolman-Salzen getränkt werden und sich an 100 Tränkanstalten dieser Salze bedienen (siehe Abb. 1).

Es mögen noch kurz einige Holz-Konservierungs-Verfahren erwähnt werden, die bei mangelndem oder zu teurem Teeröl vielleicht in Frage kommen könnten, wie z. B. das Aczol-Verfahren. Aczol ist eine ammoniakalische Lösung von Kupfer und Zinksalzen und Phenolen. Die Imprägnierung damit kann in gleicher Weise, wie mit Chlorzinklösung vorgenommen werden. Da ammoniakalische Kupferlösung (Schweizer Reagenz) Zellulose auflöst, war die Befürchtung einer Schädigung des Holzes durch Aczol von vornherein nicht von der Hand zu weisen, dies hat sich in der Praxis auch bestätigt, so dafs aus diesem Grunde die italienischen, polnischen und rumänischen Staatsbahnen dies Verfahren nach einigen Versuchsjahren wieder verlassen haben. Ein anderes Produkt ist zur Imprägnierung von Holz vorgeschlagen, das sogenannte Kresonaft; es ist dieses eine emulsionartige Lösung von Kohlenwasserstoffen in einer wässrigen Lösung von naphtensauren Alkalien. Diese Emulsion hat sich nicht als besonders haltbar erwiesen, zersetzt sich vielmehr bald in ihre Komponenten, die sich nur schwer wieder vereinigen lassen; dementsprechend war eine nur unvollkommene, ungleichmäfsige Durchtränkung des Holzes zu erwarten, und auch dieses Verfahren konnte sich deshalb in der Praxis nicht behaupten. Durch Behandlung, besonders von Buchenschwellen mit heifsen Dämpfen will Gulenko das Holz vulkanisieren und konservieren. Auf gleiche Weise wollte vor etwa 30 Jahren Haskins hölzerne Schwellen konservieren. Das Ergebnis der Einwirkung von etwa 150° C heifsen Gasen und Dämpfen auf das Holz war aber eine vollständige Zerstörung desselben. Ferner ist das sogenannte homogenisierte Teeröl zwecks Ersparnis von Teeröl zur Holztränkung vorgeschlagen worden, es ist dies eine in besonderen Apparaten (Homogenisiermaschinen) hergestellte Emulsion von Teeröl, die einen hohen Grad von Gleichmäfsigkeit der sehr kleinen Öltröpfchen aufweist, demgemäfs sehr beständig ist und normales Holz gut durchtränkt; doch zeigten sich bei der Emulsionstränkung Erscheinungen, die die Frage dieser Tränkung noch ungeklärt erscheinen lassen.



Abb. 4. Mit Triolith getränkte Kiefernschwellen in der Versuchsstrecke der Deutschen Reichsbahn bei Küstrin nach Ablauf der zwölfjährigen Gewährzeit. Auswechslung rund 1%.

Endlich dürfte noch die Holztränkung mit Kiesel-Fluornatriumlösungen ohne Zusatz von Dinitrophenolen u. a. zu erwähnen sein, wenn bei mangelndem Teeröl brauchbare Tränkergebnisse erzielt werden sollen bei ganz geringem Kostenaufwand,

wie es wenigstens scheinbar bei besonders billigen Hölzern zweckmäfsig erscheinen könnte.

Schlufsfolgerung.

1. Das zweifellos beste und in vielen Fällen auch wirtschaftlichste Tränkungsverfahren für Holz ist die Rüpingsche Tränkung mit Steinkohlenteeröl.

2. Die im Hochbau und im Bergwerksbetrieb verbauten Hölzer werden zum Fäulnisschutz am besten mit geeigneten Salzen getränkt. Diese kommen für Eisenbahnschwellen, Telegraphenstangen und dergl. ebenfalls in Frage, wenn die Beschaffung des Teeröls Schwierigkeiten bietet.

Wie aus Vorstehendem hervorgeht, schneiden hierbei nach dem heutigen Stand der Tränktechnik die Wolman-Salze am besten ab.

Soweit es sich um bereits verbaute Hölzer handelt, empfiehlt sich eine Behandlung derselben mit »Schwammschutz Rütgers«.

Tränkung von Eisenbahnschwellen in Amerika.

Von Dr. phil. Dr. Ing. **Friedrich Moll.**

Vom 25. bis 27. Januar d. J. tagte in Nashville Tennessy die 23. Jahresversammlung der amerikanischen Holzimprägnierungsvereinigung. Die Vereinigung hat sich im Laufe der Jahre schon eine geachtete Stellung in der amerikanischen Industrie erworben und führt in ihren Kommissionen seit Jahren für die verschiedensten Kreise aufserordentlich wertvolle Untersuchungs- und Aufklärungsarbeiten durch. Die Jahreskonferenzen sind infolgedessen nicht mehr so wie noch vor 20 Jahren durch blendende Vorträge ausgezeichnet, sondern ihr Hauptwert liegt in der Besprechung der von den verschiedensten Fachleuten mitgeteilten Erfahrungen. Aus den diesjährigen Verhandlungsgegenständen seien die für die Eisenbahn wichtigsten kurz hervorgehoben:

1. Bericht des Komitees 5/1/2 über Wagenbauhölzer. Dem Konferenzbericht liegen die Angaben amerikanischer Bahnen zugrunde. Bisher läfst sich noch nicht erkennen, dafs die Verwendung getränkter Hölzer für den Wagenbau gröfsere Bedeutung gewonnen hat. Die Angelegenheit ist bei den Meisten noch im Versuchszustande. Die Baltimore und Ohiobahn streicht die Fufsbodenhölzer der Güterwagen mit Steinkohlenteeröl an, in einigen Fällen auch mit Karbolineum. Die Canadian Pacific macht Versuche mit Ölfarbenanstrichen. Die Chicago Burlington und Quinzi benutzt teilweise Hölzer, die unter Druck mit Teeröl getränkt sind. Die Chicago Milwauke und St. Paul hat ungefähr 100 Wagen in Betrieb, die vollständig aus getränktem Holz gebaut sind. Die Kosten werden für jeden Wagen auf 25 bis 30 Dollar geschätzt. Die Chicago und North Western hat im Jahre 1925 für 500 Wagen das Holz in Teeröl tauchen lassen. Auch die Great Northern hat 500 Wagen in ähnlicher Weise ausführen lassen. Ähnlich sind die Berichte einer grofsen Reihe weiterer Bahnen. Für Dächer von Güterwagen sind im vergangenen Jahre schätzungsweise 500 000 qm getränktes Holz geliefert worden. Leider ist man bisher noch nicht in der Lage, irgend welche mit genauen Ziffern begründete Urteile über den Wert der getränkten Hölzer für Güterwagen abzugeben.

2. Unter den Vorträgen sind für Eisenbahningenieure besonders zwei wichtig. Bateman sprach über die Umstände, von denen die Wirkung der Schutzmittel im Holz abhängt. Maclean gab einen Bericht über die verschiedenen Einflüsse, die das Eindringen und die Aufnahme von Schutzstoffen im Holze beeinflussen. Bateman führte etwa aus:

Schutzmittel für Holz müssen genügend wirksam sein gegen die holzzerstörenden Keime. Sie dürfen weder Eisen noch Holz angreifen, sie müssen leicht eingedrückt werden können, sie müssen ihre Wirkung lange aufrecht halten und endlich auch verhältnismäfsig billig sein. Für verschiedene der genannten Anforderungen haben wir keine hinreichend zuverlässigen Prüfungsarten. Die Giftwirkung können wir ziemlich gut mittels besonderer Kulturen von holzzerstörenden Pilzen prüfen. Damit diese Giftwirkung aber auch zur Schutzwirkung wird, darf der Stoff sich im Holz nicht in unerwünschter Weise verändern. Benzin z. B., das hohe Giftwirkung hat und Eisen nicht angreift, dabei leicht eingedrückt werden kann, ist sehr flüchtig. Über diese »Dauerhaftigkeit« der Holzschutzmittel fehlen Untersuchungen noch fast gänzlich. In vielen Fällen kann man solche Werte aus Beobachtungen ableiten. Es dauert aber immer sehr lange, bis wir die gewünschten Zahlen gewinnen und oft kann es vorkommen, dafs, wenn sie endlich vorliegen, aus irgend welchen anderen Gründen schon das Interesse an den betreffenden Schutzmitteln und Verfahren geschwunden ist. Welche Bedeutung solche Fragen aber haben, kann man sich am einfachsten dadurch vergegenwärtigen, dafs man die Frage aufwirft, ob das schwere Steinkohlenteeröl, das wir heute benutzen, noch die Zusammensetzung hat, wie vor etwa 15 Jahren. Wenn man nun Versuche in bezug auf die »Dauerhaftigkeit« macht, mufs man sich natürlich zuerst überlegen, wie diese Versuche zur Erzielung einwandfreier Ergebnisse ausgestaltet werden können. Worauf sollen sie beruhen? Auf chemischen Reaktionen? Auf Auslaugung, Verdunstung oder was sonst? Untersuchungen lange im Gebrauch gewesener, mit Teeröl imprägnierter Hölzer zeigen, dafs beträchtliche Mengen der niedrig siedenden Anteile des Öles verschwunden sind. Man meinte, sie seien verdunstet. Daher hat man sich immer wieder mit der Verdunstung von Ölen beschäftigt. Wir wissen aus diesen Versuchen heute, dafs der Mengenverlust von Teeröl beim Verdunsten in offenen Gefäfsen fast genau der Menge seiner unter 270° C destillierenden Bestandteile entspricht. Bei Schwellen, die in der Strecke eingebaut gewesen sind, liegen die Verhältnisse aber keinesfalls so einfach. Bateman untersuchte eine Schwelle, die 30 Jahre in Jamaika gelegen hatte und noch vollkommen gesund und gut war. In den äufseren Schichten war augenscheinlich das Teeröl stark vermindert. Auffälligerweise war der Verlust an der unteren Fläche der Schwellen am gröfsten. War das Öl dort durch Wasser ausgelaugt? Wie verhält es sich dann mit Rammpfählen, die im Wasser eingebaut sind? Wie kommt es dann, dafs mit Zinkchlorid imprägnierte Schwellen 15 bis 20 Jahre im Dienst bleiben, obwohl das Zinkchlorid erfahrungsgemäfs sehr leicht löslich ist? Bateman beantwortet alle diese Fragen damit, dafs er feststellt, wir wissen noch sehr wenig über die Bewegung und die Vorgänge, denen die Flüssigkeiten im Holze unterliegen. Vor allen Dingen sind wir noch vollständig im Unklaren darüber, auf welche Weise die in das Holz eingebrachten Stoffe dieses wieder verlassen. Bewegt sich Teeröl im Holz ebenso wie Wasser? Bewegen sich die Flüssigkeiten beim Herausgehen als Dämpfe oder als Flüssigkeit in den Hohlräumen? Warum trocknet eine Art Holz schneller als die andere? Warum lassen sich verschiedene Hölzer verschieden schwer tränken? Was bedeutet der mit dem Schlagwort »Fixierung« bezeichnete Vorgang? Im allgemeinen wissen wir, dafs Wasser im Holz am geschwindesten in der Längsrichtung fortgeleitet wird, weniger schnell in radialer, am langsamsten in tangentialer Richtung. Auch hierüber kennen wir bisher nur diese allgemeinen Angaben. Wir wissen weiter, dafs Spätholz dichter als Frühholz ist. Sind entsprechende Unterschiede in der Fortleitungsgeschwindigkeit vorhanden? Steht die Verdunstung der in Holz eingeprefsten Flüssigkeiten im gleichen Verhältnis wie die aus freien Oberflächen? Vergleichen wir etwa Chloroform, Benzol und Wasser!

Bateman fafst diese Sachen dahin zusammen, dafs wir in bezug auf die Kenntnis der beim Tränken von Schwellen auftretenden Vorgänge noch ganz in den Kinderschuhen stehen. Das Forstproduktenlaboratorium Madison hat eine Reihe von Untersuchungen eingeleitet, aber es wird noch lange Zeit dauern, bis diese soweit durchgeführt sind, dafs aus ihnen Werte und brauchbare Schlüsse für die Imprägnierungspraxis abgeleitet werden können.

3. Der Hauptpunkt aus dem Bericht von Maclean ist die Feststellung der Abhängigkeit der Imprägnierungsfähigkeit von der Viskosität. Zu diesen Versuchen wurden Schwellen aus Douglastanne benutzt. Dieses Holz hat insofern Ähnlichkeit mit der deutschen Fichte, als bei ihm sowohl Kern- wie Splintholz dem Eindringen von Imprägnierstoffen grofsen Widerstand entgegensetzen. Die Schwellen waren vor den Versuchen 7 bis 8 Monate natürlich getrocknet, bis ihr spezifisches Gewicht rund 0,46 betrug. Die Tränkung wurde mit Drucken von 9, 11 und 12,5 at durchgeführt. Bei jedem Druck wurden Temperaturen von 60, 71, 82, 93, 104 und 115° angewendet. Vor dem Tränken wurde die Luft eine halbe Stunde abgesaugt, dann fünf Stunden mit vollem Druck geprefst und zum Schlufs zehn Minuten Luftverdünnung gegeben. Es wurden jedesmal rund 25 Schwellen gleichzeitig getränkt. Die Ergebnisse werden wie folgt zusammengefafst:

Bei gleicher Eindringungstiefe stehen die Werte »Ölaufnahme zu Kubikinhalt« im geraden Verhältnis zu der Oberfläche. Deshalb wurde bei der Auswertung der Versuche nicht, wie sonst üblich, der Kubikinhalt des Holzes, sondern die Oberfläche zugrunde gelegt. Erhöhung der Temperatur, welche die Viskosität verringert, hat einen aufserordentlich starken Einflufs sowohl auf die Eindringung, wie auf die Aufnahmemenge. Innerhalb der Grenzen der beim Versuch benutzten Drucke und Temperaturen liefs sich zeigen, dafs die Temperatur einen viel stärkeren Einflufs auf die Eindringung hat, als der Druck. Höhere Temperaturen geben eine sehr viel bessere Eindringung als niedrige, so dafs die Erhöhung der Eindringung bei Druckänderungen von 9 auf 12,5 at bei einer Temperatur von 93° um 70% gröfser ist als bei 60°. War Temperatur und Druck am höchsten, nämlich 12,5 at und 115° so neigten einige Schwellen schon zum Zerfallen. Dieses dürfte also die praktische Grenze sein.

Die Ergebnisse werden wie folgt zusammengefafst: Erhöhung der Temperatur beim Tränken erhöht die Eindringung und die Aufnahme bei allen Drucken und macht gleichzeitig die Erhöhung des Druckes sehr viel wirkungsvoller. Die Beziehungen zwischen Temperatur, Druck und Eindringung können durch eine mathematische Gleichung ausgedrückt werden. Die Temperatur allein ist jedoch nicht zur Erzielung guter Eindringung ausreichend, denn sie wirkt nur dadurch, dafs bei höheren Temperaturen die Viskosität des Öles vermindert wird.

Aus amtlichen Erlassen.

Erhöhung der Fahrzeiten der Personenzüge bei der D. R. G.

Zur Erzielung einer weiteren Beschleunigung der Züge des Personenverkehrs auf Hauptbahnen, insbesondere der schnellfahrenden, wurden von der Hauptverwaltung der Deutschen Reichsbahn-Gesellschaft neue Bestimmungen erlassen, deren wesentlichen Inhalt wir im folgenden wiedergeben:

Für FD-, D- und E-Züge, in denen in der Regel nur Drehgestellwagen verwandt werden, wird die der Berechnung der Fahrzeiten zugrunde zu legende höchstzulässige Geschwindigkeit auf 100 km, für BP- und P-Züge auf 75 km festgesetzt. Züge, die mit Schutzabteil ohne Packwagen gefahren werden sollen, sind mit 65 km, Züge, die auch ohne Schutzabteil laufen sollen, mit 50 km Höchstgeschwindigkeit zu berechnen.

Die Fahrzeiten sind für die Regelbelastung der Züge zu errechnen. Um die im Betrieb nicht zu vermeidenden Zeitverluste einfahren zu können und um bei Höchstbelastung der Züge die notwendige Fahrzeitreserve zu haben, ist zu den so errechneten Fahrzeiten ein Zuschlag zu machen. Dieser Zuschlag ist für die FD- und D-Züge unter Berücksichtigung aller Umstände, wie Lokomotivgattung, Streckenverhältnisse, Verkehrsaufgaben des Zuges usw. und auf Grund der bisherigen Erfahrungen von Fall zu Fall festzusetzen. Bei FD-Zügen soll dieser Zuschlag 4%, bei D-Zügen 7% nicht übersteigen. Für E-, BP und P-Züge soll wie bisher der Zuschlag 10% betragen. Die Zuschläge brauchen nur für die reinen Fahrzeiten nach Abzug der etwa schon mitenthaltenen Zuschläge für das Anfahren und das Abbremsen berechnet zu werden.

Die nach der Regelbelastung errechneten Fahrzeiten vermehrt um den nach vorstehenden Gesichtspunkten berechneten Zuschlag sind als planmäfsige Fahrzeiten der Fahrplangestaltung zugrunde zu legen. Die Höchstbelastung bei der diese fahrplanmäfsigen Fahrzeiten noch einzuhalten sind, ist durch eine Überschlagsrechnung festzustellen. Als kürzeste Fahrzeit soll in Spalte 9 des Fahrplanbuches diejenige eingesetzt werden, die sich auf Grund der Bestimmungen der BO und der FV über die auf den einzelnen Streckenabschnitten zulässige gröfste Geschwindigkeit sowie unter Beachtung der höchsten Lokomotivgeschwindigkeit und der oben für die Höchstgeschwindigkeit gesetzten Grenzen errechnet.

Je für Anfahren und Anhalten ist den so ermittelten kürzesten Fahrzeiten die Hälfte des Zeitunterschiedes zuzuschlagen, der zwischen der planmäfsigen Fahrzeit eines über den Streckenabschnitt durchfahrenden Zuges und eines auf dem Abschnitt anfahrenden bzw. anhaltenden Zuges bei Regelbelastung besteht.

Die hiernach errechneten Fahrzeiten, die besonders bei den schnellfahrenden Zügen eine nicht unbedeutende Kürzung der heute vorhandenen, planmäfsigen Fahrzeiten erwarten lassen, sind möglichst schon der Fahrplangestaltung zum 15. Mai 1928 zugrunde zu legen.

Berichte.

Bahnunterbau, Brücken und Tunnel; Bahnoberbau.

Schwellentränkzug der italienischen Staatsbahnen.

In Rivista Tecnica delle Ferrovie Italiane vom 15. Januar 1927 berichtet Ing. Corio über einen Schwellentränkzug der italienischen Staatsbahnen. Der Wunsch, einen solchen Zug zu erbauen, entstand im Weltkrieg, als es wegen des Wagenmangels unmöglich war, die Schwellen an die Tränkstellen zu verbringen. Jetzt scheut man die Laufwege zwischen Tränkstellen und Verwendungsplätzen als unwirtschaftlich und man erwartet von der Möglichkeit, die Schwellen in unmittelbarer Nähe des Erzeugungsplatzes zu tränken, grofse Vorteile. Man rechnet bei den italienischen Staatsbahnen, dafs für den Bedarf von drei Millionen Schwellen jährlich 16700 Wagen je zehn Tage lang für diesen Zweck gebraucht werden. Bisher standen nur private Tränkanstalten in Neapel und Rom zur Verfügung; jetzt haben die Staatsbahnen auch eine bahneigene in Livorno errichtet und sparen damit nachweislich jährlich etwa drei Millionen Lire. Der nächste Schritt war die Einrichtung des Tränkzuges. Er hat in Station Foligno, einem geeigneten Schwellensammelpunkt, schon drei Jahre gearbeitet. 1926 hat er innerhalb sieben Monaten (vom



Mai bis November) 152 000 Schwellen getränkt. Die Ersparnisse werden zu 1,4 Millionen Lire angegeben, gegenüber der Privattränkung sogar auf 2,5 Millionen Lire. Anfangs waren die Schwierigkeiten freilich grofs (Baukosten, Auswahl der Bedienungsmannschaft, Wahl des Arbeitsortes).

Der von den Staatsbahnen selbst gebaute Tränkzug besteht aus einem Schwelleneinfahrwagen mit Rampe, dem Tränkkesselwagen, dem Maschinen- und Dampfkesselwagen, dem Vorratswagen, dem Mefswagen, dem Werkstätte-, Magazin-, Wohn- und Küchenwagen. Die Einrichtungen sind vielfach denen der festen Tränkanstalt in Livorno nachgebildet oder gleich von dieser übernommen.

Der Tränkkessel hat 2 m Durchmesser bei 11 m Länge und kann vier kleine Tränkrollwagen aufnehmen. Er ist durch einen Blechmantel mit Asbestfutter gegen Wärmeverluste isoliert. Der Bedienungsstand ist überdacht, ebenso der Gang nach dem Maschinenwagen. Vor dem Tränkwagen steht der Schwelleneinfahrwagen. Auf seine Plattform führt auf Eisenböcken eine Rampe von 12% Steigung in Gleisrichtung. Unter dem Schwelleneinfahrwagen befindet sich ein elektrischer Motor, der von einer Turbodynamo angetrieben wird und eine endlose Kette bewegt, mit der die Tränkrollwagen hinaufgezogen werden. Wird die Kette umgesteuert, so kann sie die Rollwagen an einem Stahlseil wieder herausziehen. Die herausgezogenen Wagen werden dann auf der Plattform des Einfahrwagens in Bahnwagen entladen, in der Regel aber erst nach Einleitung des nächsten Tränkvorgangs, um den Betrieb nicht zu unterbrechen. Dem Tränkzug sind vier solche Rollwagensätze zu je vier Stück beigegeben. Im Mittel werden im Arbeitstag 900 Schwellen getränkt. Man kann dabei nur Teeröl anwenden, weil die Mischung mit Chlorzink in dem Tränkzug zu verwickelte Einrichtungen erfordert hätte.

Dem Tränkwagen folgt der Maschinenwagen. Sein Kessel von Lokomotivart erzeugt stündlich 1800 kg Dampf von 12 at Druck, der mit biegsamen Stahlrohren über den ganzen Zug verteilt wird. Er erhitzt weiter das Teeröl auf etwa 60° und treibt die erforderlichen Pumpen. Der Abdampf aus den Heizschlangen wird mit Pumpen in den Kessel zurückgeführt. Eine Turbodynamo erzeugt Gleichstrom von 110 V. bei 33 kW Verbrauch. Eine daran angeschlossene Speicherbatterie liefert den Lichtstrom für den Zug und den Schwellenlagerplatz.

Es folgen dann der Vorrats- und der Mefswagen, beide mit wärmedichten Zylindern und mit kleinen Befehlsanbauten. Die Zylinder sind von Dampfschlangen zur Erhitzung des Öls durchzogen. Der Werkstättewagen enthält Drehbank, Bohrmaschine, Fräsmaschine, hin- und hergehende Säge, Schmiergelscheibe, Ambofs, Schmiede und zweimännige Werkbank. Die oben gelegene Triebwelle wird durch einen Gleichstrommotor angetrieben. Den Schlufs machen der Magazinwagen, der Wohnwagen mit sieben Betten und Brausebad und der Küchenwagen. Vier ausgebildete Leute werden dem Zuge in Livorno mitgegeben, die weiteren Arbeitskräfte werden am Orte angenommen.

Wenn der Zug an einem Ort seine Arbeit verrichtet hat, so wandert er als Sonderzug mit 30 km/Std.-Geschwindigkeit weiter. Am Ende der Umtriebszeit kehrt er nach Livorno zurück, wo er untersucht wird. Die Arbeitssaison dauert im allgemeinen vom Mai bis zum November.

Dr. Saller.

Schneeschutz bei Gebirgsbahnen.

Die Eisenbahn von Oslo nach Bergen an der Westküste von Norwegen kreuzt den gebirgigen mittleren Teil des Landes und ist schon insofern bemerkenswert, als sie eine Höhe von 1300 m und 60° nördlicher Breite erreicht und auf eine Strecke von über 100 km oberhalb der Baumgrenze verläuft. Bedenkt man ferner, dafs der westliche Teil der Strecke die steilen Küstengebirge Norwegens zur Nordküste des Atlantischen Ozeans emporsteigt und dessen plötzlichen und heftigen Stürmen ausgesetzt ist, dann wird man ohne weiteres verstehen, dafs die klimatischen Verhältnisse auf der Linie überaus ungünstig und die Voraussetzungen für die Aufrechterhaltung des Betriebes während der winterlichen Schneestürme, d. h. für etwa 9 Monate, so ungünstig wie möglich sind.

Es sei daher, da der Gegenstand im Fachschrifttum neuerdings steigende Beachtung findet*), ein Auszug nach einem Bericht des Abteilungsingenieurs der Norwegischen Staatsbahnen Lorange in Engineering News Record vom 24. Februar 1927 gebracht.

Die Niederschläge im westlichen und mittleren Teil der Linie sind sehr stark und kommen in der Hauptsache als Schnee zur Erde. Der Schneefall an sich wäre nun kaum gefährlich, doch fegen die häufigen starken Stürme die Schneemassen am Boden entlang und veranlassen Verwehungen gröfsten Ausmafses: An Abhängen und in Einschnitten sind Schneetiefen von 7,50 bis 9 m keine Seltenheit und auch auf der Hochebene östlich vom Kamm des Gebirges finden sich häufig genug Tiefen von 4,50 bis 6 m. Die Bekämpfung dieser Schneemassen und die glatte Aufrechterhaltung des Verkehrs während des gesamten Jahres ist eine harte Aufgabe und erfordert aufser starken und geschulten Arbeitskräften eine Reihe baulicher und betrieblicher

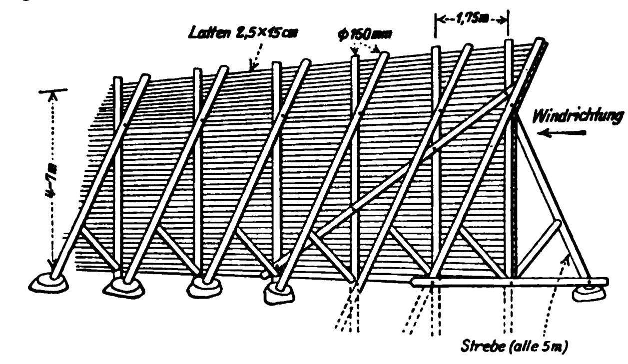


Abb. 1. Schneeschirm.

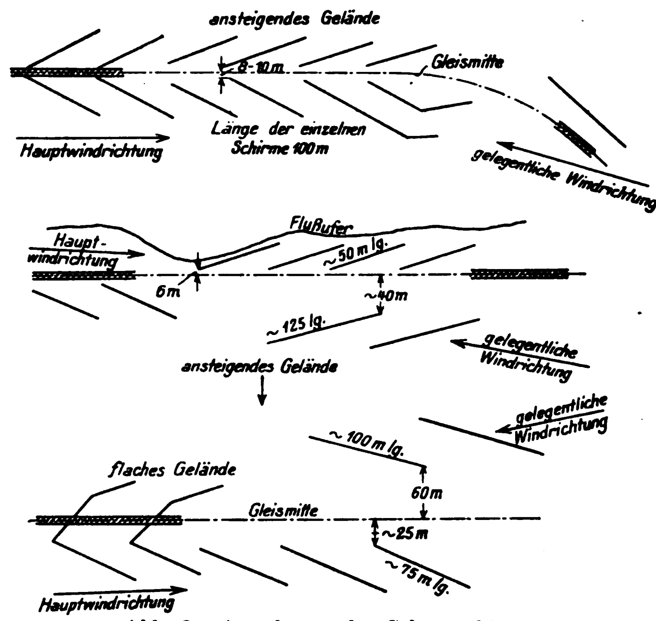


Abb. 2. Anordnung der Schneeschirme.

Mafsnahmen. Der betriebliche Schutz besteht in der Anwendung des Schneepflugs, der bauliche in der Herstellung von Schneeschirmen, Schutzdächern auf erhebliche Strecken und selbst von gemauerten Gewölben gegen Lawinengefahr.

Die Schneebeseitigung mit den verschiedenen Schneepflugarten genügt aber — so umfassend sie auf der genannten Strecke auch betrieben wird — nicht allein, sondern mufs durch die im Nachstehenden beschriebenen baulichen Anlagen unterstützt werden.

An den östlichen Gebirgsabhängen, wo die Niederschläge geringer und die Täler verhältnismäfsig weit und flach sind, verwendet man Schutzschirme nach Abb. 1. Sie sind 4 bis 7 m hoch und bestehen

*) „Bautechnik" 1924, Heft 8: Saller, Der Kampf gegen die Schneeverwehungen auf den russischen Eisenbahnen. „Zentralblatt der Bauverwaltung" 1924, Heft 46: Schneeschutzmafsnahmen auf Norwegischen Hochgebirgsbahnen. „Organ für die Fortschritte des Eisenbahnwesens" 1925, Heft 17: Bierbaumer, Sicherung des Eisenbahnbetriebes gegen Lawinengefahren. „Engineering News Record" 1926, Bd. 96, Heft 13: Schnee- und Streckenschutzanlagen aus vorbetonierten Betonbauteilen. „Annales des Ponts et Chaussées" 1926, Heft 5: Merle. Schneeschutz des Bahnkörpers. (Vergl. dazu a. Bautechnik 1927, Heft 14). „Railway Gazette" 1927, Bd. 46, Heft 12: Schneeschutzmafsnahmen bei der Transandenbahn.

aus zollstarken Latten, die in Abständen von 1,74 bis 2,0 m auf Pfosten von 15 cm Mindestdurchmesser aufgenagelt sind. Ihre Aufgabe besteht nicht darin, den Schnee hinter sich anzuhäufen, sie sollen vielmehr die Richtung der vom Wind getriebenen Schneemengen ablenken und dadurch den Bahnkörper freihalten. Ihre richtige Aufstellung ist daher höchst wichtig, Fehler können grofsen Schaden anrichten und den Schnee gerade auf die Gleise hinlenken. Bestimmte Richtlinien dafür aufzustellen ist freilich untunlich: Nur eingehende Beobachtung der Windrichtungen und der Verwehungsformen sowie Versuche und allmähliche Erfahrung vermögen die richtige Aufstellung dieser Schneefänge nach Richtung sowie nach dem Abstand voneinander und vom Bahnkörper zu gewährleisten.

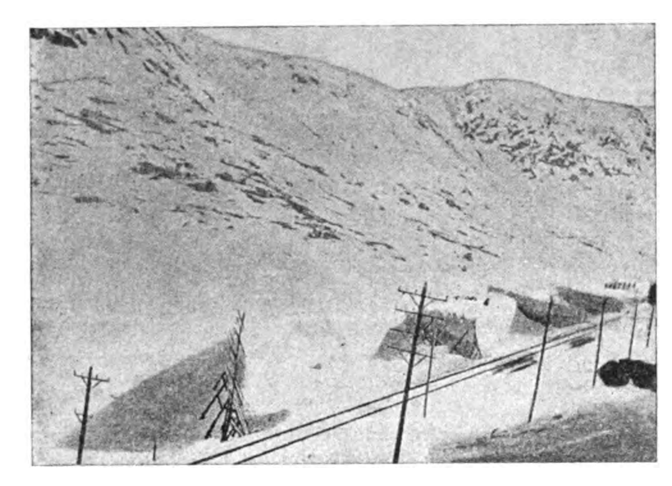


Abb. 3. Schutzwirkung richtig aufgestellter Schneeschirme. (Hinteres Ende verweht, vorderes Ende und Bahngleis schneefrei).

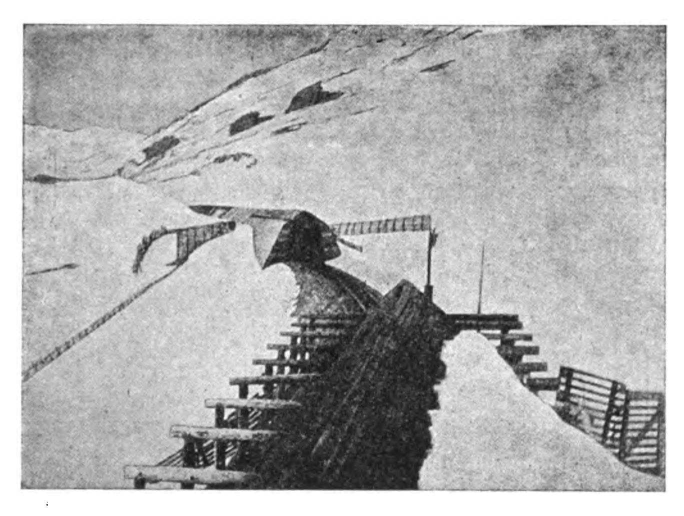


Abb. 4. Schneedächer am Gebirgshang im Schnee.

Geschlossene, ohne Zwischenraum und gleichlaufend zum Bahnkörper aufgestellte Schneefänge sind selten oder nie zu empfehlen, da sie nach ein oder zwei Schneestürmen meist nicht nur selbst im Schnee begraben sind, sondern darüber hinaus auch zur Ursache völliger Verwehung der Strecke werden. Besser bewährt sich in der Regel die Aufstellung einzelner, höchstens 30 m langer Schirme, die mit ihrem vordern Ende etwa 3 bis 4,5 m vom Bahnkörper, schräg zur Gleisachse so aufgestellt werden, dafs sie mit der Hauptwindrichtung einen Winkel von 25 bis 30° bilden. Aus Abb. 2 ist zu erkennen, wie bei dieser Anordnung auch grofse Schneemassen gebunden werden, so dafs die hintern Enden der Schirme fest bedeckt, die vordern und die Gleise jedoch völlig frei geblieben sind.

Richtig angelegte Schneeschirmgruppen sollen den Wind so auffangen und leiten, dafs er den Schnee von den Gleisen bläst: Die Windwirbel schrauben sich längs der schräggestellten, nach hinten offene Gassen bildende Schirme und schaffen an der Windseite eine offene Rinne; sie treiben gleichzeitig den Schnee gegen das hintere Ende der Schirme und das weiter zurückliegende Gelände.

Im Frühjahr enthält der Schnee mehr Wasser und bekommt die Neigung, an Abhängen und Böschungen herabzugleiten; die hier stehenden Schirme haben also einen starken Druck auszuhalten, ebenso sind sie im Herbst bei geringem oder fehlendem Schneefall der vollen Gewalt des Windanpralls ausgesetzt; sie müssen also fest gezimmert und gut gegründet sein.

Für leichtere Beanspruchungen, ferner auf dem Eis von Flüssen und Seen, wo feste Schirme nicht in Frage kommen sowie dort, wo die Schirme eingeschneit werden und aufgehöht werden müssen, verwendet man bewegliche Schirme.

Aber diese Art des Schneeschutzes kann nur dort von Nutzen sein, wo eine einzige Windrichtung ausschliefslich in Frage kommt;

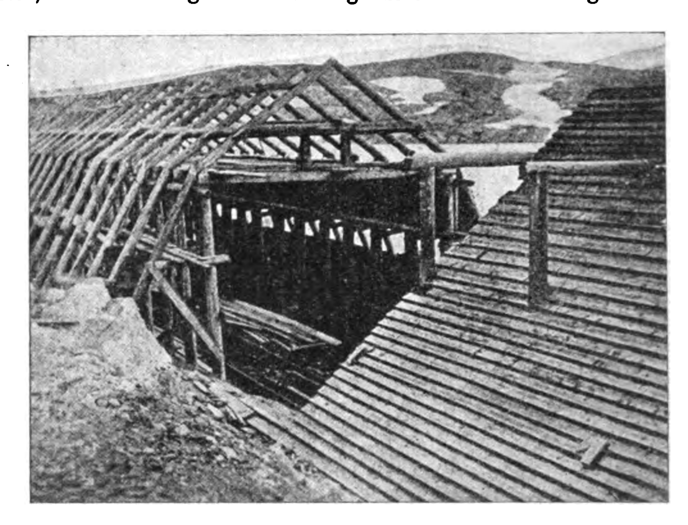


Abb. 5. Schneedächer. (Im Vordergrund bereits abgedeckt, weiter rückwärts noch mit sichtbarem Gespärre.

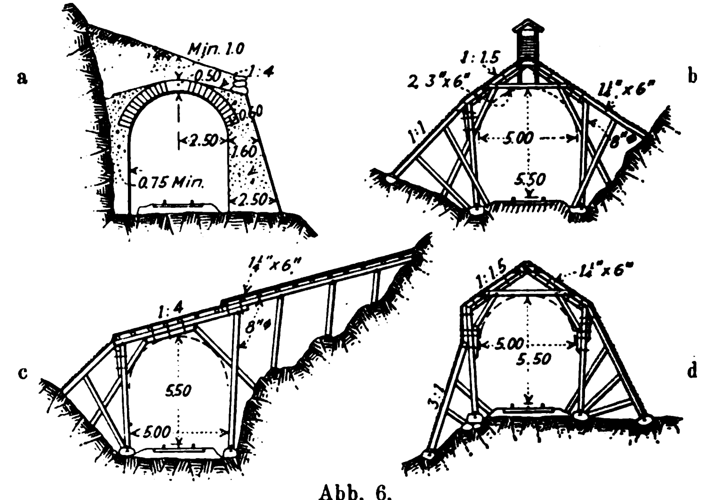


Abb. 6.
Einzelheiten verschiedener Schneedächer und Schutzgalerien.

in jedem andern Falle wird naturgemäfs mehr Schaden als Nutzen gestiftet. Liegt eine Bahnstrecke unter Winden wechselnder Richtung, dann wird ein wirksamer Schneeschutz durch solche Schirme schwierig, wenn nicht unmöglich. Abb. 3 bringt auch für diese Fälle eine Reihe von Vorschlägen. Bei engen Tälern, Schluchten oder steilen Abhängen ist die Anlage einzelner Schneeschutzschirme an Wände ebenfalls meist wirkungslos, da diese mehr oder weniger heftigen Wirbelwinden nicht vorher zu bestimmender und schnell wechselnder Richtung ausgesetzt sind.

Punkte, die der Gefahr des Verwehens stets in erhöhtem Mafse ausgesetzt und besonders sorgfältig zu schützen sind, sind Tunnelmündungen, Einschnitte und dergl. Hier wird die Aufstellung von Schirmen nicht immer zum sicheren Schutz der Strecke genügen, sondern es wird die Anlage richtiger Schneedächer nach Abb. 4, 5 und 6a bis d erforderlich werden, die dann oft 3 bis 4 m hoch über dem First, d. h. 11 bis 12 m über Schienenoberkante vom Schnee bedeckt werden. An Gebirgshängen und unter steilen Felsen sind sogar Schneehöhen von 15 m und mehr über solchen Dächern fest-

gestellt worden: Im Winter, wenn der Schnee trocken ist, üben seine Massen in gewissem Umfang eine natürliche Gewölbewirkung aus und tragen sich selbst, im Frühjahr dagegen enthält er — wie schon gesagt — gröfsere Feuchtigkeit, zeigt Neigung zum Gleiten und übt alsdann auf die Dächer einer sehr starke Belastung aus, der sie gewachsen sein müssen. Namentlich an Hängen (Abb. 6 c) werden sich oft sehr grofse Belastungen und Drucke ergeben.

Mit Ausnahme der in Abb. 6 d dargestellten, in Beton und Mauerwerk ausgeführten Schneeschutz-Tunnel wird auch für diese Schutzdächer und Galerien ausschliefslich Holz verwendet. Ihre Bauart ist aus Abb. 6 a bis d in allen Einzelheiten ersichtlich, die auftretenden mechanischen Einwirkungen sind in der Hauptsache Schnee und Winddruck, zu denen als drittes klimatische und biologische Einflüsse auf den Baustoff treten. Der Winddruck wird bei diesen festen Bauwerken wenig und eigentlich nur für die Zeit ihrer Herstellung ins Gewicht fallen; um so mehr ist durch enge Binderstellung und feste Verzimmerung auf die starken Beanspruchungen durch Schneedruck Bedacht zu nehmen, nachdem frühere leichtere Ausführungen dieser Art in grofsem Umfang zusammengebrochen sind. Die Entfernung der Stützen beträgt jetzt etwa 1 bis 1,5 m, Pfosten und Steifen haben einen kleinsten Durchmesser von 17 bis 20 cm; das lichte Mafs zeigt eine gröfste Höhe von 5,50 m und eine Breite von 5,0 m. Für den Abzug des Rauchs der Lokomotive sind alle 15 bis 20 m Öffnungen in der Bedachung gelassen, ferner sind an landschaftlich reizvollen Punkten einzelne Teile der Seitenwände so eingerichtet, dafs sie im Sommer aufgeklappt werden können.

Bei der Linie Oslo—Bergen führen von der 115 km langen Strecke gegen 40 v. H. durch Tunnel oder Schneedächer, wobei die gesamte Länge der ersteren 17 km, die der letzteren etwa 30 km beträgt. Eine der Haltestellen liegt vollständig unter Dach; bei den Bahnhöfen Finse und Myrdal sind die Drehscheiben und alle Gleise zum Kohlen- und Lokomotivschuppen in gleicher Weise geschützt. A. Kittel.

Lokomotiven und Wagen.

Der amerikanische Fahrzeugbau im Jahr 1926.

Der amerikanische Fahrzeugbau hat im Jahr 1926 wenig besondere Neuerungen aufzuweisen; dagegen ist die Entwicklung auf dem schon seit einigen Jahren gewiesenen Weg rüstig weitergegangen. Im Lokomotivbau ist dieser Weg gekennzeichnet durch das Bestreben, die auf die Gewichtseinheit bezogene Leistung zu steigern; im Wagenbau befafst man sich in der Hauptsache mit der Normung und zwar zuerst einmal für die Güterwagen.

Im Lokomotivbau ist zunächst die weitere Verwendung höherer Dampfdrücke besonders beachtenswert*). Über 400 Lokomotiven mit Kesseldrücken über 16 at sind im vergangenen Jahr in Auftrag gegeben und zumeist auch noch abgeliefert worden. Die Pennsylvania-Bahn hat 200 Stück 2 D 1-Lokomotiven mit 17,6 at**), die Illinois Central-Bahn 50 Stück 1 D 2-Lokomotiven mit 16,9 at, die New York Central-Bahn 25 weitere 1 D 2-Lokomotiven mit 16,9 at und die Northern Pacific-Bahn 12 Stück 2 D 2-Personenzuglokomotiven ebenfalls mit 16,9 at bestellt. Die Baldwin-Werke haben ihre bekannte 2 E 1-Versuchslokomotive mit 24,5 at herausgebracht***). Die 2 D 1-Lokomotive der New York, New Haven and Hartford-Bahn mit 17,6 at Kesseldruck soll bei Versuchen einen um $15\frac{1}{2}\%$ besseren Wärmewirkungsgrad gezeigt haben als eine ähnliche Lokomotive mit nur 14 at Druck. Von den Wasserrohrfeuerbüchsen nach Mc. Clellon, die bei den Hochdrucklokomotiven teilweise in Verwendung sind, erwartet man geringere Unterhaltungskosten als bei der üblichen Feuerbüchse; ob nach den Erfahrungen mit der ähnlichen Brosan-Feuerbüchse diese Hoffnung in Erfüllung gehen wird, darf noch dahingestellt bleiben.

Zur Erhöhung der Dampftemperatur wird neuerdings der Kleinrohr-Überhitzer, in Amerika als Bauart „E" bezeichnet, vielfach verwendet; auch wird der Heifsdampf immer mehr zum Betrieb der Hilfsmaschinen herbeigezogen. Die Lokomotiven erhalten hierfür einen Regler, der zwischen Überhitzerkasten und Einströmrohr eingebaut wird. Diese Verwendung von Heifsdampf für die Hilfsmaschinen bedeutet nicht nur einen Gewinn an Wärme, sondern entlastet bei der allmählich sehr grofsen Zahl solcher Hilfseinrichtungen auch den Lokomotivkessel ganz bedeutend.

Auch die Verwendung hochwertiger Baustoffe nimmt ständig zu. Sie beschränkt sich nicht mehr auf Rahmen- und Triebwerksteile, sondern greift jetzt auch auf den Kessel über. Die Kanadische Pacific-Bahn hat verschiedene 2 C 1-und 1 D 1-Lokomotiven mit derartigen Kesseln in Dienst gestellt; neuerdings hat auch die Kanadische Nationalbahn 2 D 2-Lokomotiven mit Kesseln aus Siliziumstahl beschafft.

Zur Verbesserung des Kesselwirkungsgrades soll die Verwendung grofser Rostflächen und Verbrennungsräume dienen. Auch diese Ausführung ist im vergangenen Jahr häufiger geworden. Die Folge davon ist die Zunahme der Verwendung eines hinteren, zweiachsigen Schleppgestells, das jetzt an Lokomotiven der Bauart 1 D 2, 1 E 2, 2 C 2 und 2 D 2 auftritt, oft in Verbindung mit einer Hilfsmaschine. Doch scheint der Einbau von Hilfsmaschinen, der in den letzten Jahren in der amerikanischen Fachliteratur mit besonderer Liebe behandelt worden ist, allmählich etwas kritischer betrachtet zu werden. Es werden schon Stimmen laut, die darauf hinweisen, dafs mindestens in einer grofsen Zahl von Fällen die Kosten für Einbau und Unterhaltung dieser Hilfsmaschinen die erzielten Vorteile übertreffen dürften. Die Vorwärmung des Speisewassers wird jetzt ziemlich allgemein vorgesehen; der quer vor der Rauchkammer angeordnete Niederschlagvorwärmer scheint sich neuerdings der gröfsten Beliebtheit zu erfreuen, weniger verwendet wird noch der Einspritzvorwärmer und am seltensten bis jetzt die Abdampf-Strahlpumpe.

*) Organ 1927, S. 248.

**) Organ 1927, S. 328.

***) Organ 1926, S. 412.

Der Siegeszug der Dreizylinderlokomotive ist langsam weitergegangen; die schon erwähnte 2 E 1-Versuchslokomotive von Baldwin ist sogar als Verbundlokomotive gebaut. Die Dreizylinderanordnung besitzt auch die bedeutendste der im Jahr 1926 gebauten amerikanischen Lokomotiven, die 2 F 1-Lokomotive der Union Pacific-Bahn, die zugleich die schwerste mit einfachem Rahmen gebaute Lokomotive überhaupt ist.

Besondere Erwähnung verdient noch der Umstand, dafs man neuerdings auch in Amerika dazu übergeht, die Lokomotiven mit Druckmessern für den Blasrohr- und Schieberkastendruck auszurüsten, um dem Führer ein Bild von den Arbeitsverhältnissen der Maschine zu geben. Auch die Verwendung des niedrig angeordneten, weiten Blasrohrs der Deutschen Reichsbahn hat schon Nachahmung gefunden. Man kann im allgemeinen sagen, dafs der amerikanische Lokomotivbau in den letzten Jahren mit Erfolg bestrebt ist, die Lokomotive zu verbessern, im Gegensatz zu früher, wo sein Augenmerk mehr auf stetige Vergröfserung gerichtet war.

Die Verwendung des Verbrennungsmotors für Triebwagen und Lokomotiven hat weiter zugenommen, ist aber, so wenig wie in Europa, über den Versuchszustand richtig hinausgekommen. Meist umgeht man die gröfsten Schwierigkeiten, indem man elektrische Kraftübertragung vorsieht; Damit ist aber der Weg auch einseitig festgelegt. Einzelne Bahnen verwenden Triebwagen schon in ziemlich grofser Zahl, die Boston and Maine-Bahn beispielsweise 24 Stück. Dieselmotoren werden für Triebwagen nur von der Kanadischen Nationalbahn in gröfserem Umfang benützt. Die Verwendung von Verbrennungslokomotiven ebenfalls in der Hauptsache mit elektrischer Kraftübertragung, beschränkt sich noch auf Versuche im Verschiebe- und Werkdienst. Die gröfste derartige Lokomotive ist die C + C-Diesel-elektrische Lokomotive von Baldwin mit einer Leistung von 1000 PS*). Neben diesen Schienenfahrzeugen verwenden aber die amerikanischen Bahnen neuerdings in weitem Umfang auch Autobusse und Lastkraftwagen zur Ergänzung und Erweiterung ihres Verkehrs. Freilich stellen diese bahneigenen Fahrzeuge trotzdem nur einen kleinen Prozentsatz der sämtlichen derartigen Beförderungsmittel dar; sollen doch schätzungsweise etwa 70000 Autobusse in den Vereinigten Staaten laufen.

Die Normung des Güterwagenparkes hat Entwürfe für geschlossene Güterwagen zu 36 und 45 t Ladegewicht, sowie für Wagen zur Kraftwagenbeförderung mit 45 und 63 t Ladegewicht gezeitigt. An der Normung der Drehgestelle wird als an einem der wichtigsten Ziele zur Zeit gearbeitet. Von den beteiligten

*) Organ 1926, S. 213.



Stellen zeigen allerdings die Eisenbahnen mehr Interesse an dieser Normung als die Waggonfabriken. Im Personenwagenbau ist man auf der Suche nach einem geeigneten Rollenlager.

Als eine betriebliche Besonderheit der amerikanischen Bahnen ist schliefslich noch zu erwähnen, dafs es bei einer Reihe von Versuchsfahrten bei verschiedenen Bahnen gelungen ist, lange Lokomotivläufe zu erzielen und damit die Möglichkeit zu wesentlich besserer Ausnützung der Lokomotiven im Betrieb zu schaffen. Bei geeigneter Rostanordnung — ein grofser Teil der amerikanischen Lokomotiven besitzt Schüttelroste — haben sich jetzt auch Lokomotiven mit Kohlenfeuerung hierfür bewährt, während bisher Lokomotiven mit Ölfeuerung verwendet wurden. So befördert jetzt die New York Central-Bahn einen ihrer Züge zwischen New York und Chicago auf eine Entfernung von 1600 km ohne Lokomotivwechsel. Bei der Chicago, Burlington and Quincy-Bahn legte eine Lokomotive im gemischten Dienst 4250 km mit demselben Feuer zurück, das 183 Stunden auf dem Rost blieb, und bei der Northern Pacific-Bahn blieb eine Lokomotive über eine Strecke von 3200 km am Zug. Eine vierte Bahn hat vier Verschiebelokomotiven ohne Feuerreinigen 30 Tage im Betrieb gehalten. Derartige Ergebnisse zeigen, in welcher Richtung von der neuzeitlichen Lokomotive noch eine bessere Wirtschaftlichkeit erwartet werden kann. R. D.

(Mech. Engineering 1926, Dez.)

Die Personenzuglokomotiven bei der Baltimore und Ohio Bahn von 1893 bis 1927.

Die Baltimore und Ohio Bahn hat in diesem Jahr, in dem sie ihr hundertjähriges Bestehen feiert, 20 neue C1-h2-Lokomotiven verstärkter Bauart in Dienst gestellt. Die Lokomotiven, die an sich der in Amerika üblichen Bauform der 2C1-Lokomotive entsprechen, stellen augenblicklich das letzte Glied in der Entwicklung der Personenzuglokomotive bei der genannten Bahn vor. Die nachstehende Zusammenstellung der hauptsächlichsten Abmessungen gibt ein Bild dieser Entwicklung, die auch bei den meisten anderen Bahnen Nordamerikas — teilweise wohl in noch stärkerem Grad — zu finden ist.

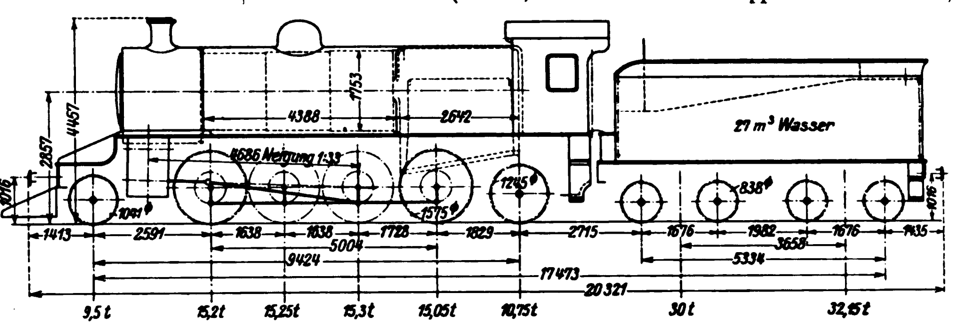
	1893	1896	1910	1913	1919	1927	
Bauart	2B n2	2C-n2	2B1-n2	2C1-h2	2C1-h2	2C1-h2	
Zylinderdurchmesser	508	533	559	610	635	686	mm
Kolbenhub	610	660	660	711	711	711	„
Durchmesser der Treibräder	1981	1981	2032	1930	1854	2032	„
Kesselüberdruck	11,7	13,4	14,5	13,4	14,0	16,2	at
Rostfläche	2,28	3,20	5,15	5,25	6,20	6,55	m²
Verdampfungsheizfläche	157	200	218	238	310	357	„
Überhitzerheizfläche	—	—	—	54,3	73,5	86,5	„
Reibungsgewicht	34,0	51,2	52,5	72,0	75,7	91,0	t
Dienstgewicht der Lokomotive	52,8	66,5	86,2	112,8	125,5	146	„
Zugkraft (nach der Quelle)	7850	10780	12400	15500	18500	22700	kg

(Railw. Age 1927, I. Halbj., Nr. 19.) R. D.

1D1-h2v Güterzuglokomotive der Argentinischen Zentralbahn.

Die Lokomotiven, von denen 20 Stück von Beyer, Peacock und Co. in Manchester gebaut worden sind, sollen für den Dienst vor schweren Güterzügen bestimmt sein. Wenn dies zutreffen sollte, so wäre es allerdings vorteilhafter gewesen, auch die letzte Achse als Kuppelachse auszubilden, was ohne jegliche Schwierigkeit möglich war. Der allgemeine Aufbau der Lokomotiven entspricht der englischen Ausführung, in den Einzelheiten sind jedoch einige bemerkenswerte Abweichungen vorhanden.

Wie dies neuerdings auch in England üblich ist, liegen die Zylinder samt den Scheiben mit Triebwerk und Steuerung aufserhalb der Rahmen. Eine Besonderheit ist dagegen die Zweizylinder-Verbund-Anordnung, die selbst aufserhalb Englands bei Heifsdampflokomotiven selten — einigermafsen nur in Österreich — zu finden ist. Die Kolbenschieber beider Zylinder haben bei 356 mm Durchmesser innere Einströmung mit 175 mm gröfstem Schieberhub. Der Rahmen ist als Blechrahmen ausgebildet. Die beiden Laufachsen haben je 127 mm Seitenausschlag; die vordere als Bisselachse, die hintere als Webb (Adams)-Achse. Die vier Kuppelachsen sind fest, die zweite und die dritte, die angetrieben wird, haben keine Spurkränze. Anscheinend hat die bestellende Bahn besonders verlangt, dafs die einzelnen Achsen durch Ausgleichhebel verbunden werden sollten, weil dies in England in der Regel nicht geschieht. Aus diesem Grund war aber wohl die englische Baufirma über das Wesen des Belastungsausgleichs nicht völlig im klaren und hat — wenigstens auf der in der Quelle veröffentlichten Zeichnung — sämtliche Achsen durch Ausgleichhebel verbunden; die Aufhängung wird damit labil und die Lokomotive läuft unruhig und nickend. Auf dem Festland hat man diese Erfahrung schon im Jahre 1848 bei der C-„Alblokomotive“ der Württembergischen Staatsbahn gemacht*). Zwischen die Federn und Ausgleichhebel sind Gummipuffer eingeschaltet. Der Kessel hat Belpaire-Form. Die Feuerbüchse besteht aus Flufseisen; ihre Nähte sind in der unteren Hälfte autogen geschweifst, in der oberen Hälfte genietet. Die Heiz- und Rauchrohre sind elektrisch in die Feuerbüchsrohrwand eingeschweifst. Von der Ausrüstung ist der „Dabeg“-Einspritzvorwärmer zu erwähnen, der von der letzten Kuppelachse aus angetrieben wird. Der Tender ruht auf zwei zweiachsigen Diamond-Drehgestellen.



1 D 1 Lokomotive der Argentinischen Zentralbahn.

Die Hauptabmessungen sind:

Kesselüberdruck	14 at
Zylinderdurchmesser: Hochdruck	533 mm
„ Niederdruck	800 mm
Kolbenhub	660 „
Kesseldurchmesser aufsen, gröfster	1753 „
Kesselmitte über Schienenoberkante	2857 „
Heizrohre: Anzahl	121 Stck.
„ Durchmesser	51 mm
Rauchrohre: Anzahl	24 Stck.
„ Durchmesser	133 mm
Rohrlänge	4545 „
Heizfläche der Feuerbüchse	15,3 m²
„ „ Rohre	133,1 „
„ des Überhitzers	25,6 „
„ — im ganzen — H	174,0 „
Rostfläche R	2,6 „
Durchmesser der Treibräder D	1575 mm
„ „ Laufräder vorn 1041, hinten	1245 „
„ „ Tenderräder	838 „
Fester Achsstand (Kuppelachsen)	5004 „
Ganzer Achsstand der Lokomotive	9424 „
Reibungsgewicht G_i	60,8 t
Dienstgewicht der Lokomotive G	81,05 „
„ des Tenders	62,15 „
Vorrat an Wasser	27 m³
„ „ Brennstoff	10 t
H : R	67
H : G	2,13 m²/t
H : G_i	2,85 „

(The Railw. Eng. 1927, März.) R. D.

*) siehe: Jahn, Die Dampflokomotive in entwicklungsgeschichtlicher Darstellung ihres Gesamtaufbaues, S. 212.

Kessel mit Innenfeuerung für Lokomotiven.

Bei einer Versammlung der englischen Lokomotiv-Ingenieure ist vor kurzem ein eigenartiger und bemerkenswerter Vorschlag zur Verbesserung der Dampflokomotive gemacht worden. Während man dieses Ziel bisher in der Hauptsache durch Verbesserung der Lokomotivmaschine zu erreichen suchte, wendet der neue Vorschlag sich ausschliefslich dem Lokomotivkessel zu; er will dessen Wirkungsgrad theoretisch auf 99% erhöhen. Die bisherige Trennung von Wasser- bzw. Dampf- und Feuerungsraum soll wegfallen und die Verbrennung unmittelbar im Kesselinnern unter Kesseldruck vor sich gehen. Die Schornstein- und Aschkastenverluste sowie die Verluste durch Strahlung in der Feuerbüchse und Rauchkammer fallen damit weg; die Verbrennungsgase bilden mit dem Dampf ein Gemisch ungefähr zu gleichen Teilen, das in den Zylindern verarbeitet werden kann. Der Vorschlag geht von dem Gedanken aus, dafs jeder Brennstoff auch im Wasser brennt, sofern nur genügend Sauerstoff zugeführt werden kann. In der Praxis wird man sich allerdings auf Brennstoffe in flüssiger oder in Staubform beschränken müssen, da nur diese dem unter Druck stehenden Kessel regelbar zugeführt werden können. Mit flüssigen Brennstoffen sollen auch schon kleinere Versuche in der erwähnten Richtung gemacht worden sein, welche die Durchführbarkeit des Vorschlags erwiesen hätten.

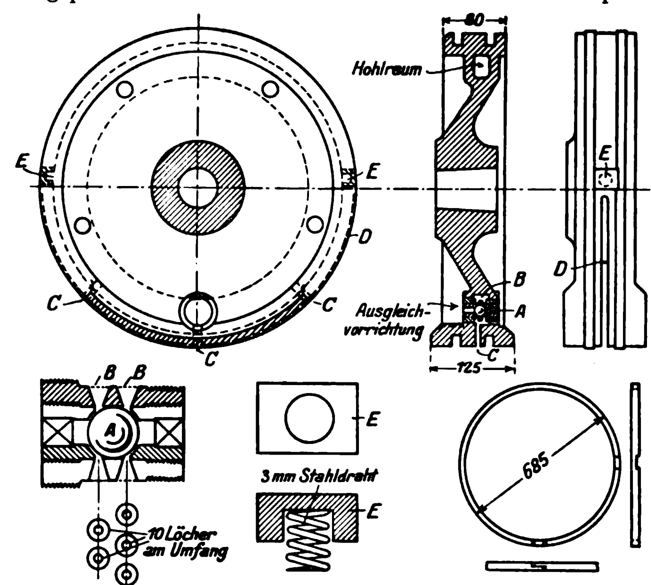
Zum Anheizen des Kessels wird zunächst eine Hilfsflamme entzündet, welcher das Öl-Druckluft-Gemisch unter einem den Kesseldruck etwas übersteigenden Druck zugeführt wird. Der Wasserstand im Kessel mufs dabei zunächst noch unter der Brennerhöhe gehalten werden. Sobald mittels dieser Hilfsflamme der Brenner und das Feuergewölbe genügend erhitzt sind, wird die Hauptflamme eingeschaltet, die nun zunächst über dem Wasserspiegel brennt. Der Wasserstand wird dann so weit erhöht, dafs er bis zur Brennermitte reicht und die Flamme im Wasser brennt. In ähnlicher Weise soll auch der Dampf überhitzt werden. Die Flamme soll eine Temperatur von 1800 bis 2000° erreichen. Die Verbrennung unter Druck soll wesentlich vollkommener sein als bei der üblichen Feuerungsart, weil dabei die Moleküle des Brennstoffs in viel innigere Berührung mit dem zugeführten Sauerstoff kommen. Bei der hohen Temperatur verdampft das die Flamme umgebende Wasser auf der Stelle und der verlangte Dampfdruck soll in kürzester Zeit — ein Druck von 12 at beispielsweise in 6 Min. — erreicht werden. Das erzeugte Dampf-Gas-Gemisch läfst sich etwa mit dem in Gas- und Ölmotoren erzeugten Gemisch vergleichen, wenn auch dort der Dampfanteil wesentlich geringer ist. Da nach Angabe der Quelle die spezifische Wärme des Gemisches nieder und seine Ausdehnungsfähigkeit aufserordentlich hoch ist, so müfste die damit betriebene Maschine — vollends bei Überhitzung — sehr wirtschaftlich arbeiten. Bei einem Versuch sollen bei 12 at Druck und Überhitzung auf 360° 5,0 kg Dampf-Gas-Gemisch für eine PS_i h verbraucht worden sein.

Abgesehen von dem schon erwähnten hohen Kesselwirkungsgrad von 99%, der sicher erreicht werden soll, hätte eine Lokomotive mit einem derartigen Kessel noch allerhand Vorteile. Zunächst würde die ganze Belästigung durch Rufs und Funkenwurf wegfallen; das Aufnehmen des flüssigen oder staubförmigen Brennstoffs würde sich sehr einfach gestalten. Der Wirkungsgrad der Maschine würde durch das Wegfallen des Blasrohr-Gegendruckes verbessert. Die einfache Bauart eines zylindrischen Kessels würde schliefslich eine bedeutende Gewichtsersparnis bringen, aufserdem die Möglichkeit zu leichter Erhöhung des Kesseldrucks bieten und dabei nicht mehr die vielen Kesselschäden aufweisen, die dem heutigen Lokomotivkessel vermöge seiner Bauart — Feuerbüchse, Rohre — anhaften.

(The Railw. Engineer 1927, März.) R. D.

Entlasteter Lokomotivkolben nach Martyn.

Die Bauart des in der Zeichnung dargestellten Kolbens soll verhindern, dafs dieser sich auf die untere Zylinderwandung aufsetzt und letztere dadurch abgenützt wird. Die Entlastung wird durch eine Rille D herbeigeführt, welche in der unteren Hälfte des Kolbens zwischen den beiden Kolbenringnuten eingedreht ist und durch einen Kanal C sowie die oben erwähnten Bohrungen mit Dampf gefüllt wird. Den Abschlufs dieser Rille nach der oberen Kolbenhälfte bilden zwei kleine Platten E, die durch Federdruck an die Zylinderwand geprefst werden. Das in der Rille sich bildende Dampfkissen



Entlasteter Lokomotivkolben.

soll ausreichend sein, um den Kolben frei zu tragen. Der Dampfzutritt zu der Rille wird durch eine Stahlkugel A gesteuert, welche mit 2 mm Spiel zwischen den Sitzflächen zweier durchbohrten Stutzen liegt, die von beiden Seiten in den Kolbenkörper eingeschraubt sind. Ferner sind rings um den Kugelsitz in zwei Reihen je zehn kegelförmige Löcher B gebohrt. Beim Arbeiten des Kolbens wird die Kugel durch den in die Bohrung eintretenden Dampf auf die entgegengesetzte Seite gedrückt und schliefst so die rückwärtige Bohrung ab. Kolbenkörper der beschriebenen Art sind seit mehr als einem Jahre in Betrieb und sollen die Erwartungen bisher erfüllt haben. Bttgr.

(Railw. Age.)

Elektrische Bahnen; besondere Eisenbahnarten.

Die Spitzendeckung in Bahnkraftwerken.

Mit dem zunehmenden Bedarf an elektrischer Energie, der sich besonders in den Dezemberwochen für die Elektrizitätswerke wegen der dann besonders hohen Anforderungen an die Stromlieferung wirtschaftlich ungünstig auswirkt, gewinnt die Frage wirtschaftlicher Deckung dieser Stromspitze immer gröfsere Bedeutung. In der anfangs Juli abgehaltenen Hauptversammlung des Verbandes deutscher Elektrotechniker in Kiel war demgemäfs diese Frage als einer der Hauptpunkte auf das Arbeitsprogramm gesetzt und eine Reihe interessanter Vorträge namhafter Fachleute befafste sich mit den verschiedenen Möglichkeiten zur Beschaffung des Spitzenstromes wie durch Dampfspeicherung in Ruthsspeichern, hydraulische Speicherung mit „künstlichem Zuflufs", Akkumulatorenbatterien, Grofs-Dieselmotorwerke, Stromentnahme aus den Grofsfernleitungen. Dabei war auch die Deckung der Spitzen in den, dem Vorort- und Fernverkehr dienenden Bahnkraftwerken Gegenstand der Erörterung, die besonders scharfe Anforderungen an die technischen Einrichtungen der Werke stellt. Bei diesen Stromspitzen handelt es sich nicht nur um die sich regelmäfsig im Tagesbetrieb durch den wechselnden Verkehr zeigenden Stromschwankungen, sondern auch um solche, welche infolge plötzlicher Witterungsänderung oder infolge plötzlich aus irgend einem Grunde auftretenden Verkehrsandranges und zumal infolge des Anfahrens der schweren Züge im Wechsel von Sekunden auftreten. Die neuzeitlichen Generatoren zur Erzeugung des elektrischen Stromes sind wohl befähigt, grofsen Stromschwankungen um ihre Normalleistung nachzukommen, aber auch ihre Antriebsmaschinen und die sie speisenden Kraftquellen wie die Dampfkessel müssen den jeweiligen Anforderungen gewachsen sein. Doch die Kessel allein, insbesondere die neuzeitlichen mit hoher Dampfspannung, die nur kleine Wasserräume besitzen, sind hier nicht ausreichend und verlangen eine elastische Kupplung als Bindeglied mit den Dampfturbinen, die in den Ruthsspeichern gegeben ist. Über diese sprach Direktor Dr. Ing. Ruths, Stockholm. Direktor Dr. Ing. Mattersdorf und Reichsbahnrat

Wachsmuth berichteten in der Aussprache über die günstigen Erfahrungen, die mit diesen im Kraftwerk der Hamburger Hochbahnen bzw. in den Bahnkraftwerken in Altona und Mittelsteine gemacht worden sind.

Bei der Maschinenanlage im Kraftwerk Mittelsteine tritt der Frischdampf mit einem Druck von 15 atü und einer Temperatur von 325° C in die Turbine ein und wird in dieser auf den Kondensationsdruck entspannt. Gleichzeitig tritt in die Turbine der Speicherdampf, dessen Druck bei Sättigungstemperatur je nach dem Füllungsgrad des Speichers zwischen 15 und 5 atü schwankt. Das Verhältnis der gleichzeitig eintretenden Frisch- und Speicherdampfmenge wechselt je nach dem Speicher- bzw. Kesseldruck. Solange die Kessel bei kleiner und mittlerer Leistung den Dampf liefern können, arbeitet die linke Seite der Steuerung. Wird noch über die Leistung hinaus Dampf erzeugt, so strömt er durch ein Überströmventil in den Speicher. Reicht bei steigender Belastung die Frischdampfmenge nicht mehr aus, so wird der Speicherdampf mit herangezogen und die ganze Steuerung ist in Tätigkeit. Mit der Steuerung arbeiten zusammen Druckregler, welche die Dampfzufuhr aus Kessel und Speicher regeln und auch ein Parallelarbeiten mit Turbinen, die nicht für Speicherdampfbetrieb eingerichtet sind, ermöglichen.

Eine gleiche Turbine ist letzthin in dem Kraftwerk der Hamburger Hochbahnen aufgestellt, die mit den Ruthsspeichern zusammen sehr befriedigend arbeitet. Der Kesselhausbetrieb gestaltet sich sehr einfach und übersichtlich. An Kesselheizfläche werden gegen früher 20% gespart. Der Wirkungsgrad des Speichers hat sich zu 84,7% ergeben, und übertrifft hiermit, wie auch in den Anlagekosten jede andere Speicherart. Die Kosten für den Ausbau von Kraftwerken durch Ruthsspeicheranlagen einschliefslich der Turbinen und Bauten betragen nur etwa 120 bis 140 ℳ für das kW Leistungserhöhung.

Auf die Verwendbarkeit der hydraulischen Speicherung mit künstlichem Zuflufs bei Bahnkraftwerken mit Wärmeenergie wies in der Aussprache Ministerialdirektor Prof. Dr. Ing. e. h. Gleichmann-Berlin hin, indem er über die angestellten Untersuchungen zur Anlage eines Wärmekraftwerks für den Betrieb einer Anzahl Linien des südwestlichen Bahngebiets der Deutschen Reichsbahn-Gesellschaft berichtete. Im Kraftbedarf für die Linien bestehen grofse Schwankungen bis zu 52000 kW bei 25000 kW Grundbelastung. Die Betriebsausgaben waren festzustellen, wenn die Spitzen im Belastungsdiagramm einmal mit Dampf allein, das andere Mal durch hydraulische Speicherung gedeckt werden. Die Dampfkraftanlage soll möglichst gleichmäfsig belastet arbeiten und der Pumpenstrom zur hydraulischen Speicherung aus ihr gedeckt werden. Der Bahnbetrieb erfordert 293 Millionen kWh, auf die Spitzen entfallen 20 Millionen kWh. Für die Bereitstellung hydraulischer Energie zur Deckung der Spitzen werden 34,5 Millionen kWh erfordert, so dafs dann insgesamt 308 Millionen kWh zu erzeugen sind. Das Kraftwerk erfordert in neuzeitlicher Ausführung mit Kohlenstaubfeuerung, 30 at Betriebsdruck, Dampfüberhitzung, 300 ℳ/kW Ausbaukosten und die jährlichen Betriebskosten für die erzeugte Energie im reinen Dampfbetrieb stellen sich auf 7,86 Millionen ℳ. In Verbindung mit hydraulischer Speicherung verringern sich diese auf 6,25 Millionen ℳ, so dafs 1,62 Millionen ℳ gespart werden. Bei einer Ausbauleistung des Speichers auf 2700 kW liegen somit die Grenzbaukosten bei 590 ℳ/kW. Sie betragen aber nicht über 300 ℳ/kW, so dafs 790000 ℳ erspart werden. Berücksichtigt man noch, dafs die Speicheranlage mit selbsttätiger Fernübertragung gesteuert werden kann, so entfallen für sie die Bedienungskosten, und die gesamte Ersparnis bei Benutzung eines hydraulischen Speichers kann zu etwa 1 Million ℳ/Jahr angesetzt werden. Der Vortragende kam zu dem Ergebnis, dafs alles versucht werden müsse, die Wasserkräfte zur Deckung der Spitzen auszunutzen. Erst wenn dies nicht möglich sei, können auch andere Mittel in Erwägung gezogen werden.

Przygode, Regierungsbaumeister a. D.

Buchbesprechungen.

Beiträge zum Abnutzungs-Problem mit besonderer Berücksichtigung der Abnutzung von Zahnrädern. Von Dr. Ing. Werner Bondi. DIN A 5. VI/138 Seiten mit 105 Abbildungen und 16 Tabellen. Preis broschiert RM. 4,50, für VDI-Mitglieder RM. 4,—. 1927. (VDI-Verlag G. m. b. H., Berlin NW 7).

Das Buch behandelt die gegenwärtig in steigendem Mafse beachtete Frage der Abnutzung bei gleitender und rollender Reibung von Maschinenteilen, insbesondere Zahnrädern. Im ersten Teil werden die Bewegungs- und Abnutzungsverhältnisse an Evolventenzahnflanken untersucht und damit Arbeiten von Lasche und Büchner fortgesetzt. Der zweite Teil behandelt allgemein den Abnutzungsvorgang, wie er bei dem häufigen Fall gleichzeitiger gleitender und rollender Reibung vorliegt. Nach Erörterung der heutigen Vorstellung von Gleit- und Rollreibung werden die verschiedenen Arten der Abnutzung eingehend besprochen und analysiert. Der ditte Teil ist eine Besprechung von Verschleifsversuchen, die vom Verfasser auf einer eigens konstruierten Prüfmaschine mit Gufseisenrollen durchgeführt worden sind und die den doppelten Zweck hatten, einerseits allgemein die Abhängigkeit der Abnutzung von mechanischen Gröfsen wie Druck, Gleitgeschwindigkeit, Rollgeschwindigkeit, Krümmung der Oberfläche usw. festzustellen und anderseits den Verschleifs unter Verhältnissen, wie sie bei Zahnflanken vorliegen, zu untersuchen.

Das ganze Buch ist ein wertvoller Beitrag zu dem neuen und noch wenig behandelten Zweig der Werkstoffkunde, der sich mit der Abnutzungsfestigkeit befafst, und gleichzeitig zur Verzahnungstheorie, in welcher der Verschleifs bisher immer nur rein theoretisch und ohne Berücksichtigung von Versuchsergebnissen behandelt worden war.

Die Herstellung der Blattfedern von J. H. Sanders. Deutsche Übersetzung von A. Cecerle. Verlag von Julius Springer 1927.

Das Buch behandelt die Blattfedern für Eisenbahnfahrzeuge und für Kraft- und sonstige Landfahrzeuge, es berücksichtigt in jedem seiner Abschnitte die in England, sowie die auf dem europäischen Festland und in Amerika bestehenden Verhältnisse. Als anregend und wertvoll wird der Umstand empfunden, dafs der Verfasser den ganzen Stoff abwägend prüft und seine eigene Beurteilung durch theoretische und praktische Erörterungen begründet.

In den ersten Abschnitten werden wichtige Analysen von Kohlenstoff- und von legierten Stählen geboten, die Walzverfahren und die Walzquerschnitte gekennzeichnet und die Federbauarten mit ihren Einzelheiten besprochen. In acht Abschnitten wird der gesamte Herstellungsgang der Federblätter selbst entwickelt. Die Betriebsvorgänge und die Betriebsmittel sind aufgezeigt für das Zurichten von Hand bis zur Massenherstellung durch Maschinen, wie sie in Amerika ohne Rücksicht auf die Anlagekosten gebaut werden können. Im besonderen ist die Wärmebehandlung sorgfältig dargestellt, wobei die wissenschaftliche Auswertung des Kleingefüges und die Prüfeinrichtungen entsprechend behandelt sind. Die letzten Abschnitte beschreiben die Bundformen, die Herstellung der Bunde und das Fertigstellen der Federn durch Anlegen des Bundes.

Das Buch ist zweifellos von Wert für jeden Betriebsmann der Reichsbahnwerkstätten, der mit der Instandhaltung der Tragfedern befafst ist, denn auch die Instandhaltung wird im wesentlichen nach den Grundsätzen der Neuherstellung erfolgen müssen.

Bei der Übersetzung hätten sicher auch „Standard“, „underhung“, „cantilever“ durch bezeichnende deutsche Wörter ersetzt werden können.

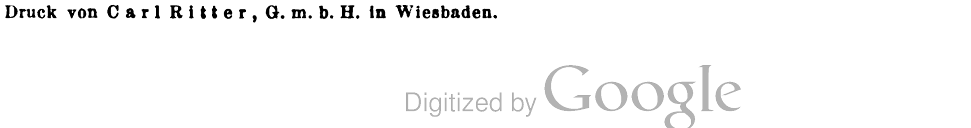
Konrad.

Artur Fürst: Die hundertjährige Eisenbahn. Deutsche Buchgemeinschaft, Berlin SW 61, Teltower Strafse 29.

Artur Fürst, der vor einiger Zeit verstorbene populäre Darsteller technischer Gegenstände, hat die schwierigsten Probleme in einer Form erörtert, die jeden anspricht, und an die Stelle langwierigen Studiums eine sehr unterhaltsame Lektüre setzt. In diesem Buch behandelt Fürst das Werden eines der gröfsten Kulturträger, der Eisenbahn, und schildert dieses mächtige und staunenerregende Gebilde von seiner Wiege über die umstrittenen Anfänge hinaus bis zur glanzvollen unumstrittenen Herrscherrolle der Gegenwart. Auch dem Fachmann wird es ein Genufs sein, das in plastischer und vielfach launischer Art gehaltene und mit vielen Bildern geschmückte, in eleganter äufserer Form sich präsentierende Buch in Mufsestunden zur Hand zu nehmen.

Ue.

Für die Schriftleitung verantwortlich: Reichsbahnoberrat Dr. Ing. H. Uebelacker in Nürnberg. — C. W. Kreidel's Verlag in München.
Druck von Carl Ritter, G. m. b. H. in Wiesbaden.



1927
82. Jahrgang.

Heft 20
30. Oktober

ORGAN
FÜR DIE
FORTSCHRITTE DES EISENBAHNWESENS

TECHNISCHES FACHBLATT DES VEREINS DEUTSCHER EISENBAHNVERWALTUNGEN



HERAUSGEGEBEN VON DR. ING. H. UEBELACKER
C. W. KREIDEL'S VERLAG · MÜNCHEN

Inhaltsverzeichnis:

Bau eines Eisenbahndammes durch das Wattenmeer vom Festland nach der Insel Sylt. Kümmel und Pfeiffer. 381.
Schienenschweifsung auf der freien Strecke und Knickfestigkeit der Eisenbahngleise. A. Wöhrl. 384.
Bemerkenswerte Einrichtungen des neuen Lokomotivschuppens in Schaerbeek. (Belgien). Ebert. 390.
Streckenblockung für eingleisige Bahnen mit Blockstellen. H. Seyberth. 392. — Taf. 38.
Riffelbildungen an Eisenbahnschienen. Saller. 394.
Rissebildungen an Wagenachsen. 395.
2 C 2 - h 2 Personenzuglokomotive der New York Central Bahn. 396.
Der Wagenpark der Internationalen Schlafwagengesellschaft. 397.
Lichtsignale auf französischen Bahnen. 398.

Besprechungen:

Archiv für Eisenhüttenwesen. 398.

Organ für die Fortschritte des Eisenbahnwesens

Technisches Fachblatt des Vereins Deutscher Eisenbahn-Verwaltungen

Schriftleitung: Dr. Ing. **H. Uebelacker,** Nürnberg, unter Mitwirkung von Dr. Ing. **A. E. Bloss,** Dresden.

82. Jahrgang | 30. Oktober 1927 | Heft 20

Bau eines Eisenbahndammes durch das Wattenmeer vom Festland nach der Insel Sylt.

(Bahnlinie Niebüll — Westerland.)

Von Direktor bei der Reichsbahn **Kümmel** und Regierungsbaurat Dr. **Pfeiffer.**

Am 1. Juni wurde die neuerbaute, auf 11 km Länge durch das Wattenmeer der Schleswigschen Westküste führende Bahnlinie Niebüll — Westerland in Gegenwart des Herrn Reichspräsidenten von Hindenburg in feierlicher Weise dem Verkehr übergeben. Der Wattenmeerdamm erhielt bei dieser Gelegenheit von dem Herrn Generaldirektor der Deutschen Reichsbahngesellschaft Dr. Dorpmüller den Namen »Hindenburgdamm«.

Ähnliche Bauten sind, soweit bekannt, in dem Umfang des Hindenburgdamms noch nicht ausgeführt.

Eine gewisse Ähnlichkeit ist mit dem von der Küste Nordholland zur Insel Wieringen ausgeführten Damm festzustellen, der 2,5 km lang ist, eine Eisenbahn sowie Fahrstrafse trägt und einen Teil des allerdings weit gröfseren in der Ausführung begriffenen Planes zur Abdämmung der Zuider See bildet.

Es besteht ferner ein Plan zur Verbindung der Insel Ceylon mit Indien einen 21 km langen durch eine flache Seestrecke führenden festen Eisenbahndamm zu bauen. Auch dieser geplante Damm wird später dem Hindenburgdamm ähnlich sehen, wenn auch die im Entwurf vorgesehenen Querschnittsabmessungen nur auf einen zu erwartenden geringen Wellenangriff schliefsen lassen.

Über die Bedeutung des neuen Eisenbahnweges nach der Insel Sylt für den Verkehr mag auf die Ausführungen in der Zeitschrift des Vereins Deutscher Eisenbahnverwaltungen Nr. 21 vom 26. Mai 1927 verwiesen werden. Der eingenartigen Ausführung des Hindenburgdammes werden Fachkreise einiges Interesse entgegenbringen.

Zum besseren Verständnis mögen zunächst einige Angaben über das Wattenmeer selbst folgen.

Das Wattenmeer der Schleswigschen Westküste ist durch Senkung alten Festlandsbodens unter den Spiegel der Nordsee entstanden. Die höher gelegenen Teile des Landes blieben als Geestrücken des Festlandes bzw. als Insel zurück. So wurde auch Sylt, das bis nach den Eiszeiten mit dem Festlande in Verbindung stand, zu einer Insel (Lageplan Abb. 1).

Die Gezeiten der Nordsee rufen in dem Wattenmeer regelmäfsige Schwankungen des Wasserstandes hervor. Der normale Flutwechsel, d. h. der Unterschied zwischen dem gewöhnlich Hochwasser (Flut) und dem gewöhnlichen Niedrigwasser (Ebbe) beträgt 1,8 m.

Die von der Nordsee alle $12\,^1/_2$ Stunden im Süden bei Hörnum und im Norden bei List einlaufenden Flutwellen und wieder zurücklaufenden Ebbewassermengen haben im Laufe der Zeit tiefe Rinnen in den Untergrund eingerissen. In jeder normalen Flut strömen in etwa sechs Stunden 550 Millionen m^3 Nordseewasser in den zwischen der Insel Sylt und dem Festlande liegenden Teil des Wattenmeeres, die bei Ebbe in etwa $6\,^1/_2$ Stunden wieder zurückfliefsen. Bei Weststürmen, bei denen der Wasserstand bis zu 3,5 m über den gewöhnlichen Hochwasserstand ansteigen kann, betragen die ein- und ausströmenden Wassermengen ein Mehrfaches der normalen Wassermenge. Das Wattenmeer bildet dann eine reifsende See mit starkem Wellenschlage.

An der schmalsten, 11 km breiten Stelle des Wattenmeeres auf einer von der Halbinsel Nösse (Sylt) nach Osten verlaufenden Linie treffen die von Hörnum und List einlaufenden Flutwellen zusammen. Auf dieser Linie haben die Flutwellen den Untergrund nur noch in geringem Umfang anzunagen vermocht. Die bei Hörnum und List vorhandenen Seetiefen laufen in diesem Teil des Wattenmeeres zu flachen Rinnen aus. Die hier in Frage kommenden Rinnen werden Osterley, Holländer Loch, Sylter Ley und Wester Ley genannt. Immerhin flossen über diese Linie in jeder normalen Flut noch 28 Millionen m^3 Wasser von Süden nach Norden.

Bei der gegebenen Gestaltung des Wattenmeeres konnte nur diese flache und schmale Stelle des Wattenmeeres für den Übergang der Bahn in Aussicht genommen werden.

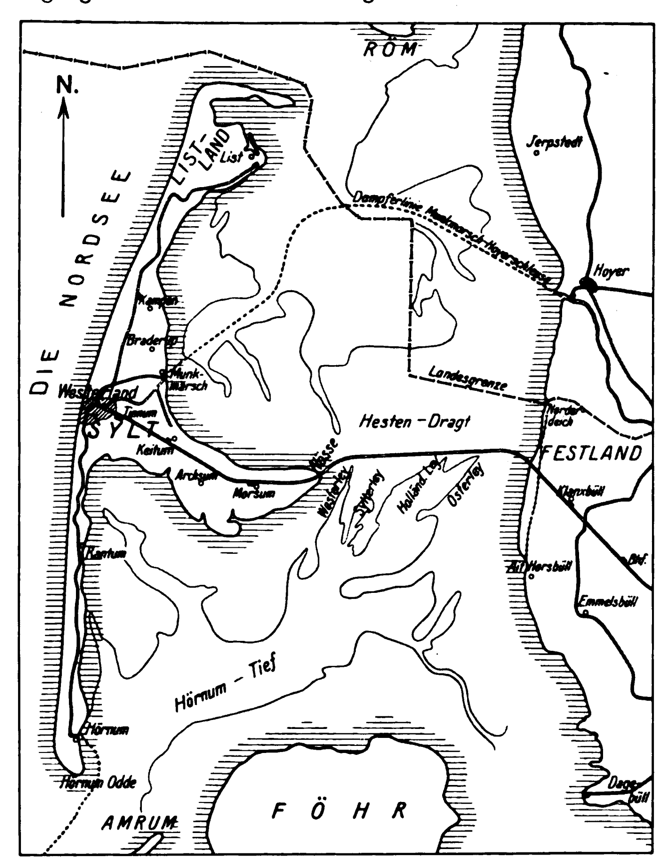


Abb. 1. Übersichtsplan. Mafsstab: 1:40000.

Bei gewöhnlich Hochwasser (Flut) sind hier Wassertiefen bis zu 3 m vorhanden, während bei Niedrigwasser (Ebbe) an den tiefsten Stellen nur eine Wassertiefe von etwa 1,0 m besteht und ein grofser Teil des Wattenmeeres trockenfällt.

Von der durch die Verhältnisse des Wattenmeeres gegebenen westöstlichen Linie geht die Bahnstrecke in südöstlicher Richtung nach dem Festlande und weiter an den Dörfern Klanxbüll und Emmelsbüll vorbei in fast gerader Richtung nach Niebüll, dem Anschlufspunkt an die sogenannte Marschbahn, die von Hamburg ausgehend nach der Westküste von Schleswig-Holstein verläuft. Vom westlichen Dammende aus schwenkt die Bahnlinie in sanftem Bogen zur Halbinsel Nösse und geht dann an den Dörfern Morsum, Keitum und Tinnum vorbei nach Westerland auf Sylt.

Der Querschnitt des Dammes (Abb. 2) im Wattenmeer ist dem eines nach beiden Seiten kehrenden Seedeiches nachgebildet. Von der Sohle beginnend ist der untere Teil der Böschungen bis zur Höhe + 3,0 NN, das ist 2,15 m über gewöhnlich Hochwasser 1 : 1,5 geneigt und mit einer 30 cm starken Basalt-

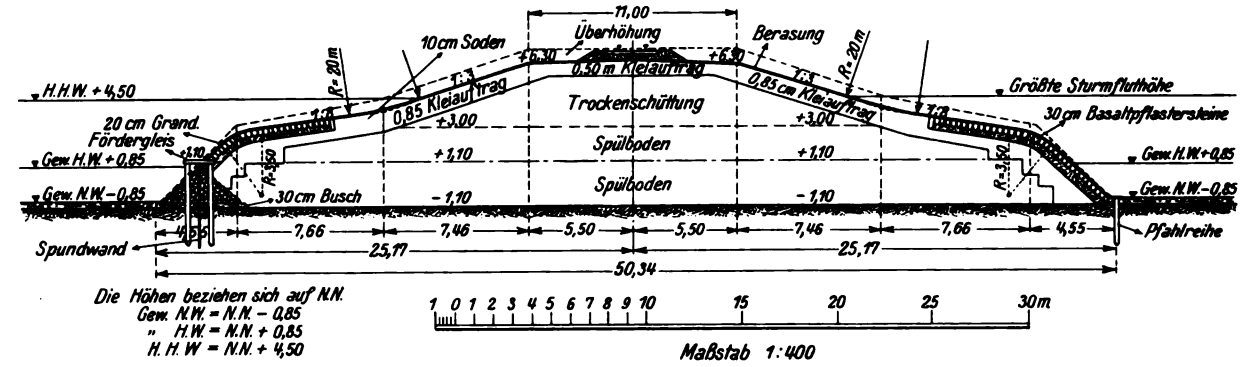


Abb. 2. Damm Festland—Sylt. Mittlerer Querschnitt. Mafsstab 1:400.

pflasterung auf 20 cm Grandunterbettung gegen Angriffe durch Wellenschlag geschützt. Bis zur Höhe + 3,78 NN erhalten die Böschungen eine Neigung 1 : 8. Diese flachen Böschungen sind je nach der Stärke des zu erwartenden Wellenangriffs in 4 bis

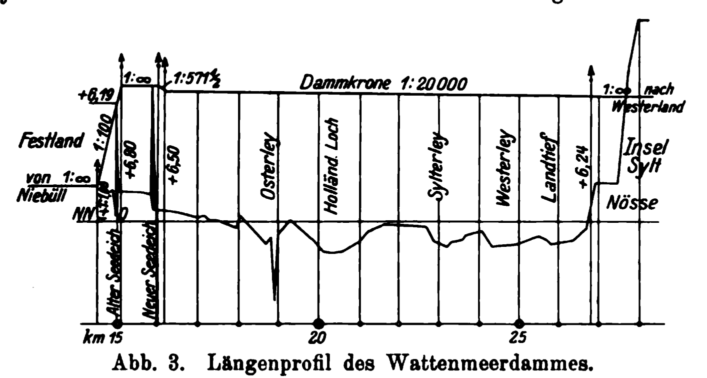


Abb. 3. Längenprofil des Wattenmeerdammes.

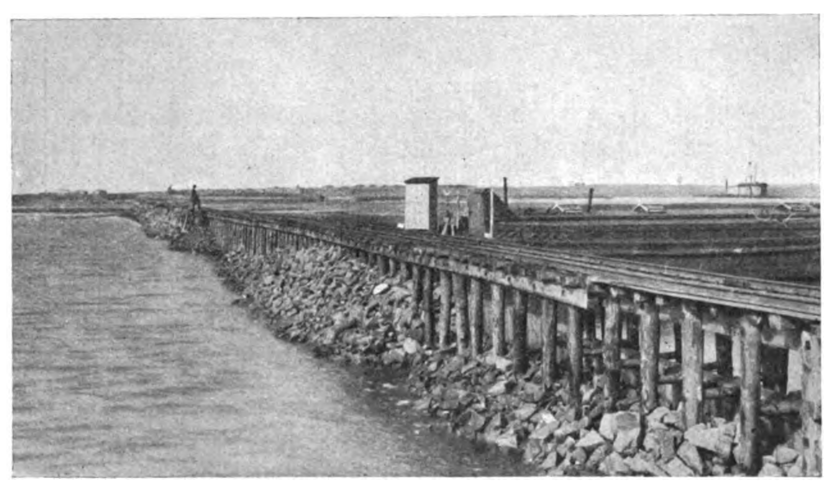


Abb. 4. Mit Steinen eingeschüttete Spundwand.

5 m Breite noch mit Basaltpflaster geschützt, das bei Sturmfluten das Aufschlagen der überkippenden Wellen aufnehmen kann. Der obere Teil des Dammes erhält 1 : 3 geneigte Böschungen, die mit Grassoden befestigt werden.

Die obere Breite des Dammes ist 11 m, die Sohlenbreite rund 50 m. Die Krone des 11 km langen Dammes (Planum) liegt an der Festlandseite + 6,30 NN, das ist 5,45 m über gewöhnlich Hochwasser, oder 2,3 m über der gröfsten Sturmfluthöhe (Längenprofil Abb. 3). Wegen der bei Nösse geringeren Höhe der Sturmfluten fällt die Krone nach Nösse zu auf + 6,24 NN ab.

Mit dem Bau des Bahndammes durch das Wattenmeer wurde im Frühjahr 1923 von der Festlandseite aus begonnen, nachdem zuvor die Festlandstrecke der Bahn von Niebüll bis Klanxbüll fertiggestellt und bei Klanxbüll im Schutze des Seedeichs ein unfangreicher Werk- und Lagerplatz angelegt war.

Nach dem Entwurf war beabsichtigt, den erforderlichen Boden mit schwimmenden Eimerbaggern aus dem Wattenmeere in Prähme zu baggern und mit Hilfe von Schutensaugern in Rohrleitungen auf festen Gerüsten in den Dammkörper zu spülen. Der gespülte Boden sollte in Schichten von etwa 1,0 m Höhe zwischen Buschdämmen festgehalten werden. Nur die äufsere 1,0 m starke Umhüllung des Dammes sollte aus im Trockenbagger am Festland gewonnen Kleiboden bestehen.

Bei der Ausführung stellte sich jedoch heraus, dafs die Buschdämme den Wellenangriffen bei Sturm nicht gewachsen waren und dafs der durch die Einengung des ersten, vom Festlande zu durchdringenden Seetiefe des sogenanten Osterleys sich verstärkende Flut- und Ebbestrom sehr viel von dem gespülten Boden fortnahm.

Als dann am 30. August 1923 eine heftige Sturmflut, die bis 3 m über gewöhnlich Hochwasser anstieg, eintrat, und von dem eingebrachten Boden grofse Mengen in wenigen Stunden fortgespült wurden, mufste die bisherige Arbeitsweise endgültig aufgegeben und auf neue Mittel zur Bezwingung des Wattenmeeres gesonnen werden.

Nach den bei dieser Sturmflut gemachten Erfahrungen erwies es sich auch als notwendig, die beim Vorbau des Dammes vor Kopf vorhandene und sich mit der Einschränkung der Durchflufsöffnung verstärkende Strömung unschädlich zu machen.

Nach verschiedenen Versuchen wurde das im folgenden beschriebene und in den Abb. 4 bis 7 veranschaulichte Bauverfahren zur Ausführung gebracht.

Zunächst wurde an der Südseite des Dammes vom Festlande aus eine hölzerne Spundwand gerammt, die 0,5 m über gewöhnlich Hochwasser ragte und an beiden Seiten mit Pfahlreihen abgestützt wurde.

Es wurde versucht, die Spundwand von Schuten aus mit Granitsteinen einzuschütten. Da es aber bei den ungünstigen Wasserverhältnissen des Wattenmeeres an der Festlandseite nicht möglich war, auf dem Wasserwege die erforderlichen Steinmassen heranzuschaffen, wurde auf den Pfahlreihen ein Gleis von 90 cm Spurweite verlegt, von dem aus die Spundwand unter Verwendung von Stahlmulden-Kippwagen von 2 m³ Inhalt beiderseitig mit Granitsteinen eingeschüttet wurde (Abb. 4). Zum Steintransport auf der Spundwand wurden eigens für diese Zwecke gebaute Lokomotiven von 30 PS mit nur 7 t Dienstgewicht verwendet, die bis zu 15 beladene Stahlmulden-Kippwagen von 2 m³ Gröfse befördern konnten.

Bei dem Durchbauen des Osterley verstärkte sich die Strömung infolge Einschränkung des Durchflufsprofils so stark,

dafs vor Kopf der Spundwand Kolke bis zu 7 m Tiefe unter Niedrigwasser entstanden. An Stelle der sonst erforderlichen 4 bis 6 m langen hölzernen Spundbohlen mufsten hier eiserne Spundbohlen bis zu 12 m Länge verwendet werden.

Wegen der starken Auskolkungen in Osterley war es im Jahre 1924 nur möglich, die Spundwand auf 3 km Länge vom Festlande aus vorzutreiben.

Es wurden bei diesen Arbeiten aber genügende Erfahrungen gesammelt, um den Bau der Spundwand im Jahre 1925 auch von der Inselseite aus beginnen zu können. Wenn beim Weiterbau der Spundwand die Strömung vor Kopf so stark wurde, dafs Auskolkungen des Wattbodens ähnlich wie bei dem Osterley zu entstehen drohten, wurden in der Spundwand Wehröffnungen offen gelassen, durch welche die Flut- und Ebbeströmungen nach Sicherung der Wattsohle durch eine bis auf Niedrigwasser geschlagene Spundwand und durch starke Steinschüttungen unschädlich hindurch gelassen wurde. Die Wehröffnungen erhielten je nach der Stärke der Strömung 50 bis 200 m Länge. Durch dieses Verfahren gelang es, die von beiden Dammenden nach der Mitte zu gerammten Spundwände schnell vorwärts zu treiben, ohne dafs gefährliche Auskolkungen entstanden.

Am 15. September 1925 wurden die vom Festland und von der Insel vorgetriebenen Spundwände zusammengeschlossen. Es waren in sechs Monaten 8000 m Spundwand gerammt. Als beste Tagesleistungen wurden auf jeder Baustelle 40 m Spundwand geschlagen und verzimmert. Die Steinschüttung mufste dem Vorbau der Spundwand unmittelbar folgen, weil sonst bei Einsetzen von Sturm die ungesicherten Spundwandteile umgeschlagen wären.

Zur Einschüttung der Spundwand wurden 120000 t Granitschüttsteine eingebracht. Nach der Inselseite wurden die Steine von Husum aus auf dem Wasserwege zu einer Landebrücke gebracht, an welcher sie mit zwei Portaldampfdrehkränen von 2,5 t Nutzlast in Kippwagen verladen und mit Lokomotiven zur Spundwand gefahren wurden.

Nach dem Schliefsen der Spundwand wurden die Wehröffnungen mit Schütztafeln geschlossen und ebenfalls mit Steinen eingeschüttet.

Der mit Steinen eingeschüttete Spundwanddamm bildete einen festen Wall, an dem sich die bei Sturm anrollenden Wellen brachen und der auch bei Überströmung durch Sturmfluten unbeschädigt blieb.

Im Schutze des Spundwanddammes wurden die unteren Schichten des Dammes im Spülbetriebe eingebracht. Der erforderliche Boden wurde mit Nafsbaggern an der Südseite des Dammes aus dem Watt gebaggert und zwar wurden drei schwimmende Eimerbagger mit zusammen 1300 m³ stündlicher Leistungsfähigkeit angesetzt, die den Boden in Spülprähme baggerten. Diese wurden mit Schleppdampfern zu zwei an festen Gerüsten liegenden Spülern (Schutensaugern) mit Maschinen von je 1800 PS geschleppt, welche den Boden unter Zusatz der drei bis fünffachen Menge Wasser aus den Schuten sogen und mittels Rohrleitungen von 650 mm Durchmesser in den Dammkörper spülten (Abb. 5 schematisch).

Je nach der Korngröfse des zu spülenden Materials und je nach dem Prozentsatz an festem Kleiboden dauerte die Entleerung einer Schute von 300 m³ Inhalt 10 bis 30 Minuten. Der Boden wurde im allgemeinen bis zu 1200 m Länge gespült. An einer Stelle, wo sich neben dem Damm sehr feinkörniger Sand befand, der für den Dammkörper nicht geeignet war, wurde der Boden von einem Spüler zu dem 1000 m entfernt liegenden zweiten Spüler geleitet und von diesem weitere 1000 m gedrückt, so dafs die Gesamtspüllänge 2000 m betrug.

Neben den drei grofsen Baggern wurden drei kleinere Eimerbagger mit zusammen 320 m³ stündlicher Leistungsfähigkeit verwendet, die den Baggerboden in eine in die Schiffskörper eingebaute Spülpumpe schütteten, welche den Boden unter Zusatz von Wasser mittels schwimmender Rohrleitungen in den Dammkörper drückten. Die Spüllänge dieser Bagger betrug 500 bis 600 m.

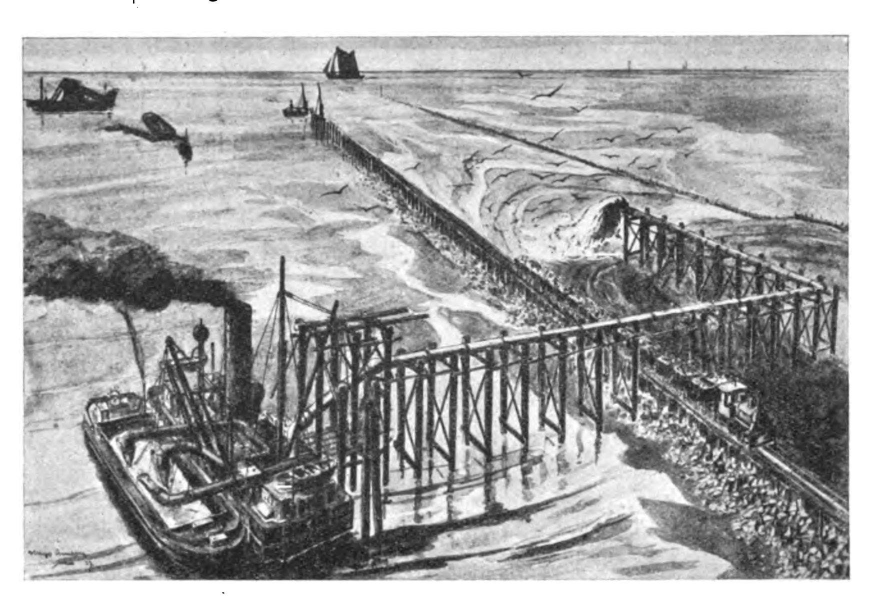


Abb. 5. Bagger und Spüler im Betrieb. (Schematische Darstellung.)

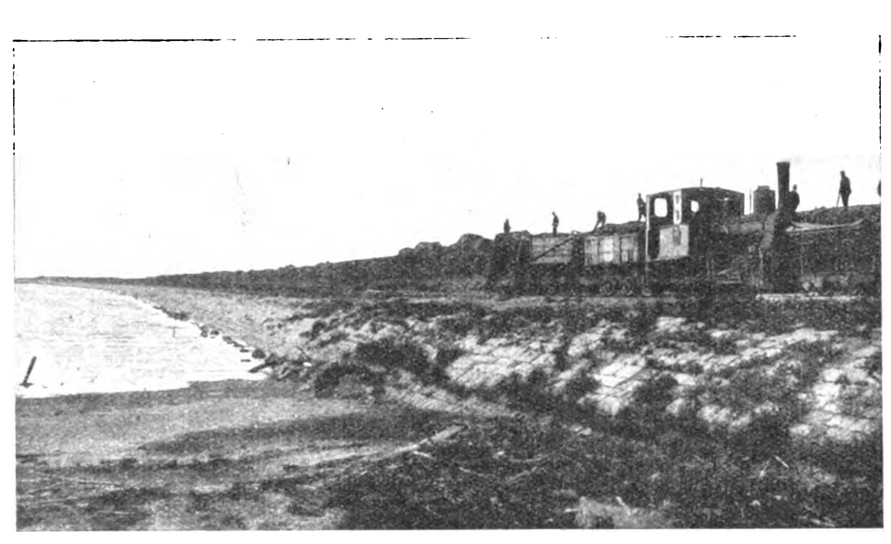


Abb. 6. Aufbringen des Trockenbodens.

Der gespülte Boden wurde an der Südseite des Dammes durch den Spundwanddamm, an der Nordseite durch treppenförmig angeordnete 1,0 m hohe Buschdämme festgehalten.

Die Bagger waren in Tag- und Nachtschichten tätig. Als beste Leistungen wurden mit den Nafsbaggern in zwei elfstündigen Schichten 20000 bis 22000 m³ Boden feste Masse in den Dammkörper gefördert. Ende Juli 1926 waren die Spülarbeiten, die von beiden Dammenden begonnen und nach der Mitte des Dammes zu vorgetrieben wurden, beendet und der Damm bis zu 2,0 m über gewöhnlich Hochwasser aufgehöht.

Die oberen Schichten des Dammes wurden aus Boden geschüttet, der mit Trockenbaggern auf dem Vorlande der Festlandsküste und auf der Insel gelöst und mit Kippwagen in den Damm gefördert wurde (Abb. 6).

An der Festlandseite waren zwei Lübecker B-Bagger und ein O-Bagger angesetzt, die nördlich des Dammes aus dem Vorlande an der dänischen Grenze im Schutz von Kajedeichen, die etwa 1,5 m über gewöhnlich Hochwasser reichten, Kleiboden entnahmen. Von den Entnahmestellen führte ein zweigleisiger Transportdamm bis zu dem Dammanfang. Für die Bodenförderung wurden Selbstkipper von 4 m³ Inhalt verwendet. Der Kleiboden der ein gutes Deichbaumaterial darstellt, wurde auch für die Abdeckung der östlichen Dammstrecke verwendet.

Auf der Inselseite arbeiteten zwei Löffelbagger mit Löffeln von je 2 m³ Inhalt, die aus dem Bahneinschnitt bei Morsum auf Sylt Sandboden baggerten, der ebenfalls mit Kippwagen von 4 m³ Inhalt in den westlichen Teil des Dammes gefahren wurde. Dieser Sandboden war nur für den Kern des oberen Dammteiles zu verwenden; er war für die Abdeckung des Dammes ungeeignet, da er von Sturmfluten auseinandergespült werden würde. Der westliche Teil des Dammes, dessen obere Schichten von der Insel Sylt aus zu schütten waren, wurde daher mit einer 1,0 m starken Schicht aus festem Ton abgedeckt. Dieser Ton konnte in einer besonderen, nach umfangreichen Bohrungen gefundenen Entnahmestelle auf der Halbinsel Nösse mit einem O-Bagger gewonnen werden.

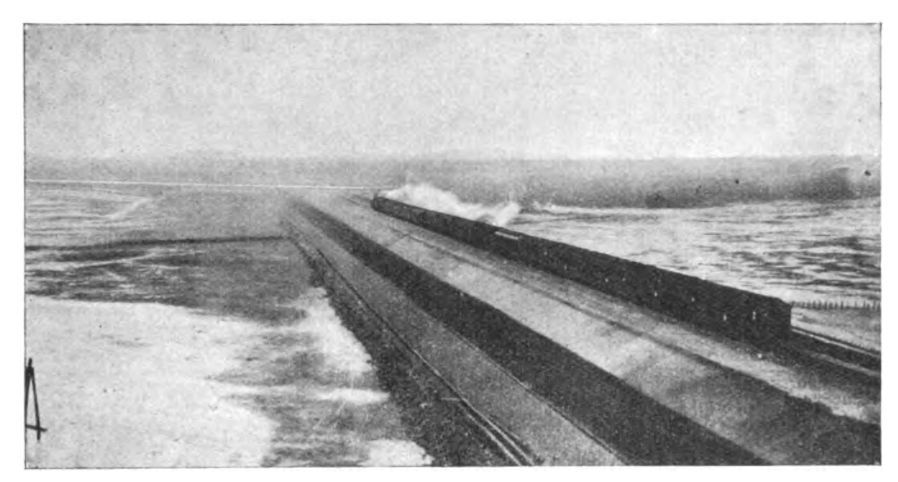


Abb. 7. Fertiger Damm mit dem Eröffnungszug.

Der Wattenmeerdamm enthält 3200000 m³ Boden, der etwa zur Hälfte im Nafsbaggerbetrieb, zur Hälfte im Trockenbaggerbetrieb eingebracht wurde.

Der Trockenschüttung unmittelbar folgend, wurden die unteren Dammböschungen mit Basaltsäulenpflaster auf Grandunterlage von 3 bis 9 cm Korngröfse befestigt. Basaltsäulenpflaster wurde wegen seines besonders hohen spezifischen Gewichts und wegen seiner gleichmäfsig sechskantigen Form gewählt. Hiervon wurden ungefähr 200000 m² verwendet.

Die Abb. 7 gibt ein Schaubild des fertigen Dammes mit dem Eröffnungszuge.

Der Bau des Spunddammes, der Buschdämme, die Ausführung der Nafsbagger- und Spülarbeiten wurden im Eigenbetrieb ausgeführt. Das Wagnis war bei diesen Arbeiten für einen Unternehmer zu grofs. Die Trockenbaggerarbeiten waren an Unternehmer vergeben.

Wie eingehende Untersuchungen der Wasserverhältnisse des Wattenmeeres ergaben, ist es möglich, dafs in den am Festlande entstehenden Buchten, gegenüber dem Zustand vor dem Bau infolge der Durchdämmung eine Erhöhung in den Auflaufen der Sturmfluten eintritt. Daher mufsten zur Begegnung einer Überflutungsgefahr die Festlandsdeiche erhöht werden.

Da aber an der Kreuzung des Dammes mit Festlandsseedeich ein deichfreies Vorland vorhanden war, erschien es zweckmäfsig, vor dem alten Seedeich einen neuen stärkeren und höheren Seedeich zu bauen, durch den gleichzeitig 270 ha fruchtbares Marschland dem Meere abgewonnen wurden.

Die alten Seedeiche wurden von den Anschlufspunkten des neuen Deiches aus nach Süden auf rund 6,5 km, nach Norden auf rund 3 km erhöht und verstärkt.

Die Kosten des Dammes haben rund 18500000 RM. betragen das sind rund 1700 RM. für 1 lfd. m Damm ausschliefslich des Oberbaues.

Durch den Wattenmeerdamm, der für den Verkehr der Reichsbahn gebaut ist, sind am Festlande ruhige Buchten entstanden, in denen der von der Nordsee mitgeführte Schlick und Sand, der früher wegen der vorhandenen Strömungen gröfsten Teils wieder fortgeschwemmt wurde, zur Ablagerung kommt. Schon während der Bauzeit machte sich die starke Anschlickung an der Festlandsküste bemerkbar. Durch den Bau von Lahnungen und die Ausführung von Begrüppelungen wird die Anschlickung künstlich gefördert. Als erwünschte Nebenwirkung des Dammes ist daher zu erwarten, dafs im Laufe weniger Jahrzehnte vom Festlande ausgehend in der Nähe des Dammes umfangreiche Flächen von Neuland entstehen, die nach Eindeichung fruchtbares Marschland bilden werden. Der Wattenmeerdamm wird daher voraussichtlich im Laufe der Zeit seine Eigenschaft als Seedamm verlieren und später von grünem Land umgeben sein.

Schienenschweifsung auf der freien Strecke und Knickfestigkeit der Eisenbahngleise.

Von Reichsbahnoberrat **A. Wöhrl**, Nürnberg.

Im Heft 1 und 2 dieses Jahrganges habe ich die notwendigen experimentellen Grundlagen der Schienenschweifsung auf der freien Strecke festzulegen versucht und angegeben, was an experimenteller Kenntnis bis heute erworben ist und was erst durch weitere Versuche geklärt werden mufs.

Im nachfolgenden soll im Zusammenhang damit auf eine theoretische Untersuchung der Knickfestigkeit der Schienen (Verwerfungen), durch die bekanntlich die Schienenschweifsung der freien Strecke entscheidend beeinflufst wird, hingewiesen werden, die Professor G. H. De Vries Broekmann der technischen Hochschule Delft (Holland) in einer schon im Jahre 1913 erschienenen Broschüre »Knikvastheid van het spoor« (Verlag: Technische Buchhandel und Druckerei J. Waltmann jr., Delft) bzw. in einem im Jahre 1917 gehaltenen Vortrage vor dem holländischen Eisenbahningenieur-Institut entwickelt hat.

Der verdienstvolle Verfasser hat mich in dankenswerter Weise hierauf aufmerksam gemacht und seine Zustimmung zur auszugsweisen Veröffentlichung seiner Untersuchungen erteilt.

Diese theoretische Erkenntnis der Gleisverwerfungen wird zusammen mit den von mir angeregten Versuchen über den Widerstand, den die neuzeitlichen Gleise einer seitlichen Verschiebung entgegensetzen, einen wertvollen Fortschritt in der Beurteilung und Berechnung der Knickfestigkeit von Langschienen bringen und weitere Schlüsse ermöglichen, inwieweit durch Wärmeausdehnung und dynamische seitliche Kräfte die geschweifste freie Strecke gefährlich werden kann.

Professor Broekmann führte in seinem Vortrage ungefähr folgendes aus:

Bekanntlich kann bei warmer Witterung in den Schienen eine so grofse Druckkraft entstehen, dafs die Schienen knicken

und samt den Schwellen ausweichen*). Die Gleise nehmen dabei eine geschlängelte oder gewölbte Form an, wobei die gröfste Abweichung von der normalen Lage ungefähr 15 bis 25 cm beträgt.

Die durch das Fahren des Zuges verursachte Erschütterung kann die umittelbare Veranlassung sein. Das Knicken der Schienen erfolgt im allgemeinen vor oder hinter dem Zuge.

Unter dem Zug erscheint es, besonders bei kurzen Radständen, beinahe ausgeschlossen. Infolge der Reibung, die das Gewicht des Zuges erzeugt, ist der Widerstand gegen seitliche Ausweichung viel gröfser als bei unbelasteten Schienen.

Zu bemerken ist, dafs das Ausknicken in Gleiskurven**) eher vorkommt als in geraden Strecken.

Bevor die Frage über die Knickfestigkeit der Schienen behandelt und eine Berechnung darüber aufgestellt wurde, mufste davon ausgegangen werden, dafs der Bettungswiderstand als elastisch anzunehmen ist und zwar verhältnisgleich zur Ausknickung.

Es erscheint zweifelhaft, ob diese Grundlage brauchbar ist und ob es nicht besser ist, durch genügend widerstandsfähige Kräfte Ausknickungen vorzubeugen.

Das Ausknicken kann geschehen seitwärts in wagrechter und aufwärts in senkrechter Richtung***).

Die Kräfte, die das seitliche Ausknicken des Gleises verhüten sind:

Der Widerstand der gegen den Kopf der Schwelle anschliefsenden Bettung und die Reibung längs der Lagerfläche und der Seitenflächen der Schwelle.

Die seitliche Verbindung zwischen den einander gegenüberliegenden Schienenstäben ist nicht von der Art, dafs auf ein Zusammenwirken gerechnet werden könnte.

Zur Vereinfachung wird angenommen, dafs die örtlich wirkenden Widerstände gleichmäfsig längs des Stabes verteilt sind.

Knickfestigkeit in wagrechter Richtung.

Man nehme an, dafs ein ursprünglich gerader homogener Stab (wie Abb. 1 zeigt) im Gleichgewicht ist unter der Wirkung

1. zweier gleichgrofser Kräfte P, angreifend in den Endpunkten und gegeneinander wirkend in der Richtung des ursprünglichen Stabes;
2. gleichmäfsig verteilter Kräfte q auf die Längeneinheit, die gegen den Stab an der Seite, nach der die Ausknickung erfolgt, drücken;
3. zweier Gegenkräfte $Q = \frac{1}{2}\, q\, l$ angreifend in den Endpunkten des Stabes und senkrecht gerichtet zum ursprünglichen Stab und entgegengesetzt den Kräften q.

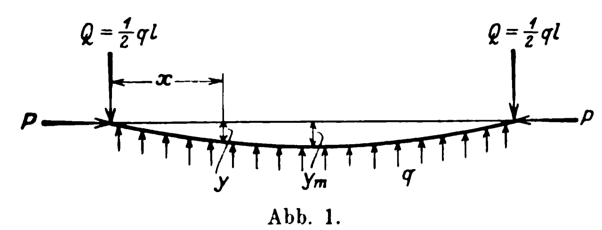


Abb. 1.

Mit den in Abb. 1 angegebenen Bezeichnungen und wenn E = Elastizitätsziffer, J_v = Trägheitsmoment des Stabes, ist die Differentialgleichung der elastischen Linie:

$$\frac{d^2y}{dx^2} + \frac{P}{E J_v} \cdot y = -\frac{1}{2}\frac{q}{E J_v} \cdot x^2 + \frac{1}{2}\frac{q}{E J_v} \cdot l \cdot x \quad \ldots \; 1)$$

woraus für $x = 0$ wird $y = 0$

und für $x = \frac{l}{2}$ $\frac{dy}{dx} = 0$

hieraus folgt:

$$y = -\frac{E J_v q}{P^2}\left\{\frac{\sin \frac{l}{2}\sqrt{\frac{P}{E J_v}}}{\cos \frac{l}{2}\sqrt{\frac{P}{E J_v}}} \sin x\sqrt{\frac{P}{E J_v}} + \right.$$

$$\left. + \cos x\sqrt{\frac{P}{E J_v}} - 1\right\} - \frac{q}{2P}x^2 + \frac{q}{2P} l x \quad \ldots \; 2)$$

für $x = \frac{l}{2}$ findet man das Maximum y_m in Stabmitte

$$y_m = \frac{q}{P}\left[\frac{l^2}{8} - \frac{E J_v}{P}\left(\frac{1}{\cos \frac{l}{2}\sqrt{\frac{P}{E J_v}}} - 1\right)\right] \quad \ldots \; 3)$$

oder für q die Beziehung:

$$q = \frac{P}{\frac{l^2}{8} - \frac{E J_v}{P}\left(\frac{1}{\cos \frac{l}{2}\sqrt{\frac{P}{E J_v}}} - 1\right)} \cdot y_m \quad \ldots \; 4)$$

Aus Formel 4) folgt, dafs $q = 0$ ist

für $\frac{l}{2}\sqrt{\frac{P}{E J_v}} = \frac{\pi}{2}$ oder für $P = \pi^2 \frac{E J_v}{l^2}$.

In Übereinstimmung mit der Formel von Euler ist erst dann eine seitliche Stütze nötig, wenn die Kräfte P gröfser werden als $\pi^2 \frac{E J_v}{l^2}$.

Für gleiche Werte P sind dann unendlich viele Gleichgewichtszustände möglich. Der Wert, den q in jedem besonderen Fall haben mufs, ist verhältnisgleich zur Ausknickung. Wenn ein bestimmter Wert y'_m für y_m angenommen wird, ist aus Gleichung 4 unmittelbar die dazu gehörige Gröfse q' für q zu finden. Der auf diese Weise gefundene Wert q' ist gröfser als die benötigte seitliche Stützenkraft bei einem Wert von y_m, der kleiner ist wie y'_m. Wenn die zur Verfügung stehende seitliche Stützenkraft q' beträgt, ist Gleichgewicht vorhanden, solange die Abweichung in der Mitte kleiner ist als y'_m. Der Stab knickt durch bei einer Ausweichung, welche gröfser ist als y'_m.

Zwischen den benötigten Grenzen kann mit genügender Sicherheit Formel 4 durch folgende ersetzt werden 5):

$$q = \frac{\pi^3}{4\, l^2}\left(P - \frac{\pi^2 E J_v}{l^2}\right) y_m \quad \ldots \; 5)$$

Zum Vergleich diene die folgende Berechnung der Werte q:

	nach Formel 4)	nach Formel 5)
für $P = \frac{\pi^2 E J_v}{l^2}$	$q = 0$	$q = 0$
für $P = 3\frac{\pi^2 E J_v}{l^2}$	$q = 151{,}2 \frac{E J_v}{l^4} y_m$	$q = 153{,}0 \frac{E J_v}{l^4} y_m$
für $P = 4\frac{\pi^2 E J_v}{l^2}$	$q = 224{,}7 \frac{E J_v}{l^4} y_m$	$q = 229{,}5 \frac{E J_v}{l^4} y_m$
für $P = 6{,}33\frac{\pi^2 E J_v}{l^2}$	$q = 380{,}4 \frac{E J_v}{l^4} y_m$	$q = 407{,}0 \frac{E J_v}{l^4} y_m$

Die Druckkraft in dem Schienenstab entsteht durch Temperaturerhöhung und es ist nun zu untersuchen:

*) Erfahrungsgemäfs erstrecken sich solche ∾ förmige Verwerfungen auf Längen von 50 bis 60 m, die seitliche Ausweichung einer Welle schwankt zwischen 10 bis 100 cm (siehe auch Dr. Ing. A. Blofs „Oberbau und Gleisverbindungen" Verlag Jul. Springer, 1927).

**) Auch in diesen Fällen kann eine ∾ förmige Linie entstehen.

***) Die Berechnungen und Ausführungen Broekmanns über die Knickung in senkrechter Richtung werden im folgenden unberücksichtigt gelassen, da sie erst in zweiter Linie für Eisenbahngleise interessieren.

Ein Stab (Länge $= l$, Querschnitt $=$ F), welcher an den Enden durch feste seitliche Stützpunkte gehalten wird und in dem eine Druckkraft durch Temperaturerhöhung wirkt. Die Druckkraft, welche in dem Stab vorhanden ist, wenn dieser in richtiger Lage ist, wird P_r genannt.

Gibt man dem Stab in der Mitte eine Ausknickung, so dafs er wie aus Abb. 1 ersichtlich, die Form einer halben Welle annimmt, dann geht mit einer kleinen Abweichung y_m in der Mitte eine Verlängerung δl des Stabes vor sich, für die angenähert gesetzt werden kann $\delta l = \frac{8}{3} \frac{1}{l} y_m^2$ bzw. die Druckkraft vermindert sich: $EF \frac{\delta l}{l} = \frac{8}{3} \frac{EF}{l^2} y^2_m$.

Bei einer Abweichung y_m beträgt also die Druckkraft in dem Stab:

$$P = P_r - \frac{8}{3} \frac{EF}{l^2} y^2_m \quad \ldots \ldots \ldots \ldots 6)$$

und ist nach Formel 5) die seitliche Stütze, die nötig ist, um den Stab im Gleichgewicht zu halten:

$$q = \frac{\pi^3}{4l^2}\left(P - \frac{\pi^2 E J_v}{l^2}\right) y_m = \frac{\pi^3}{4l^2}\left[\left(P_r - \frac{8}{3} \frac{EF}{l^2} y^2_m\right) - \frac{\pi^2 E J_v}{l^2}\right] y_m =$$

$$\frac{\pi^3}{4l^2}\left[\left(P_r - \pi \frac{E J_v}{l^2}\right) y_m - \frac{8}{3} \frac{EF}{l^2} y^3_m\right] \quad \ldots \ldots 7)$$

diese Formel ergibt $q = 0$ für $y_m = 0$

und für $P_r - \frac{\pi^2 E J_v}{l^2} = \frac{8}{3} \frac{EF}{l^2} y^2_m$

oder $y_m = \frac{\sqrt{3}}{2\sqrt{2}} \frac{1}{\sqrt{EF}} l \sqrt{\left(P_r - \frac{\pi^2 E J_v}{l^2}\right)}$.

Zwischen diesen beiden Werten von y_m wird q ein Maximum für $\frac{dq}{dy_m} = 0$ oder für

$$y_m\,(q_{max}) = \frac{1}{2\sqrt{2}} \frac{1}{\sqrt{EF}} l \sqrt{\left(P_r - \frac{\pi^2 E J_v}{l^2}\right)}.$$

Setzt man in den Formeln 6) und 7) für y_m das vorstehende $y_m\,(q_{max})$ ein, so ergibt sich für die Druckkraft

$$P = \frac{2}{3} P_r + \frac{1}{3} \frac{\pi^2 E J_v}{l^2} \quad \ldots \ldots \ldots \ldots 9)$$

und für den Gröfstwert von q:

$$q(l) = \frac{\pi^3}{12\sqrt{2}} \frac{1}{\sqrt{EF}} \frac{1}{l} \cdot \left(P_r - \frac{\pi^2 E J_v}{l_2}\right)^{3/2} = \int (P_r l) \,..\, 10)$$

Dieser Höchstwert dient als Grundlage für die Berechnung der Stützenkraft, die nötig ist, um Knicke in horizontaler Richtung entlang einer halben Welle von der Länge l zu verhindern. Sollte durch einen Zufall (im Betriebe z. B. durch einen Stofs der Lokomotive) eine seitliche Ausweichung entstehen, so ist im allgemeinen die nach Formel 10) sich ergebende seitliche Stützenkraft mehr als genügend.

Die Formel ergibt nur für den Fall, dafs in der Mitte des Stabes künstlich eine Ausweichung $y_m\,(q_{max})$ gegeben wird, die eben nötige seitliche Stützenkraft.

Solange die durch Temperaturerhöhung verursachte Druckspannung nicht mehr beträgt als $P_r = \frac{\pi^2 E J}{l_2}$, ist keine seitliche Stütze nötig. Setzt man bei weiterer Zunahme der Temperatur und damit von P_r für q den Wert nach Formel 10)

$$q(l) = \frac{\pi^3}{12\sqrt{2}} \frac{1}{\sqrt{EF}} \frac{1}{l}\left(P_r - \frac{\pi^2 E J_v}{l^2}\right)^{3/2} =$$

$$= 1{,}827 \frac{1}{\sqrt{EF}} \frac{1}{l}\left(P_r - \frac{\pi^2 E J_v}{l^2}\right)^{3/2},$$

dann ist für jede Ausknickung, bei welcher der Stab die Form einer halben Welle mit der Länge l annehmen würde, die seitliche Stütze genügend.

Wenn die Druckkraft den Wert $P_r = \frac{4\pi^2 E J_v}{l^2}$ überschreitet, entsprechend der Kraft, welche einen nicht seitlich gestützten Stab von einer Länge $\frac{l}{2}$ knickt, so wird ein Gleichgewichtszustand möglich, bei dem der Stab die Form von zwei halben Wellen, jede halbe Welle mit einer Länge $\frac{l}{2}$, annehmen würde.

Die seitliche Stütze, die bei dieser Art der Ausknickung erforderlich wird, ist:

$$q\left(\frac{l}{2}\right) = \frac{\pi^3}{12\sqrt{2}} \frac{1}{\sqrt{EF}} \frac{1}{\frac{l}{2}}\left(P_r - \frac{\pi^2 E J_v}{\left(\frac{l}{2}\right)^2}\right)^{3/2} =$$

$$= 1{,}827 \frac{1}{\sqrt{EF}} \frac{1}{\frac{l}{2}}\left(P_r - \frac{\pi^2 E J_v}{\left(\frac{l}{2}\right)^2}\right)^{3/2} \quad \ldots \ldots 11)$$

Zur Berechnung der benötigten seitlichen Stützen wird diese letzte Beziehung 11) an Stelle von Formel 10) treten. sobald

$$\frac{\pi^3}{12\sqrt{2}} \frac{1}{\sqrt{EF}} \frac{1}{l}\left(P_r - \frac{\pi^2 E J_v}{l^2}\right)^{3/2} =$$

$$= \frac{\pi^3}{12\sqrt{2}} \frac{1}{\sqrt{EF}} \frac{1}{\frac{l}{2}}\left(P_r = \frac{\pi^2 E J_v}{\left(\frac{l}{2}\right)^2}\right)^{3/2}$$

oder sobald

$$P_r = \frac{4\sqrt[3]{2^2} - 1}{\sqrt[3]{2^2} - 1} \frac{\pi^2 E J_v}{l^2} = 9{,}11 \frac{\pi^2 E J_v}{l^2}$$

unter Berücksichtigung dafs P_r, q nach Formal 11) stärker zunimmt als nach Formel 10).

Wenn die Druckkraft P_r den Wert $P_r = \frac{9\pi^2 E J_v}{l^2}$ überschreitet, übereinstimmend mit der Kraft, welche einen seitlich nicht gestützten Stab von einer Länge $\frac{l}{3}$ knickt, wird ein Gleichgewichtszustand möglich, wobei der Stab eine Form von drei halben Wellen, jede halbe Welle mit einer Länge von $\frac{l}{3}$ annehmen würde.

Die seitliche Stütze die bei dieser Form der Ausknickung erforderlich wird, ist:

$$q\left(\frac{l}{3}\right) = \frac{\pi^3}{12\sqrt{2}} \frac{1}{\sqrt{EF}} \frac{1}{\frac{l}{3}}\left(P_r - \frac{\pi^2 E J_v}{\left(\frac{l}{3}\right)^2}\right)^{3/2} =$$

$$= 1{,}827 \frac{1}{\sqrt{EF}} \frac{1}{l}\left(P_r - \frac{\pi^2 E J_v}{\left(\frac{l}{3}\right)^2}\right)^{3/2} \quad \ldots \ldots 12)$$

zur Berechnung der seitlichen Stütze wird diese Formel 12) an Stelle vor Formel 11) treten, sobald

$$\frac{\pi^3}{12\sqrt{2}} \frac{1}{\sqrt{EF}} \frac{1}{\frac{l}{2}}\left(P_r - \frac{\pi^2 E J_v}{\left(\frac{l}{2}\right)^2}\right)^{3/2} =$$

$$= \frac{\pi^3}{12\sqrt{2}} \frac{1}{\sqrt{EF}} \frac{1}{\frac{l}{3}}\left(P_r - \frac{\pi^2 E J_v}{\left(\frac{l}{3}\right)^2}\right)^{3/2}$$

oder sobald

$$P_r = \frac{9\sqrt[3]{3^2} - 4\sqrt[3]{2^2}}{\sqrt[3]{3^2} - \sqrt[3]{2^2}} \frac{\pi^2 E J_v}{l^2} = 25{,}11 \frac{\pi^2 E J_v}{l^2}.$$

In gleicher Weise ist für gröfsere Werte von P_r die erforderliche seitliche Stütze zu bestimmen.

Zusammenfassend ergibt sich:

P_r von 0 bis $\frac{\pi^2 E J_v}{l^2}$ $\quad q = 0$

P_r von $\frac{\pi^2 E J_v}{l^2}$ bis $9,11 \frac{\pi^2 E J_v}{l^2}$

$$q(l) = 1,827 \frac{1}{\sqrt{EF}} \frac{1}{l} \left(P_r - \frac{\pi^2 E J_v}{l^2}\right)^{3/2}$$

P_r von $9,11 \frac{\pi^2 E J_v}{l^2}$ bis $25,11 \frac{\pi^2 E J_v}{l^2}$

$$q\left(\frac{l}{2}\right) = 1,827 \frac{1}{\sqrt{EF}} \frac{1}{\frac{l}{2}} \left(P_r - \frac{\pi^2 E J_v}{\left(\frac{l}{2}\right)^2}\right)^{3/2}$$

P_r von $25,11 \frac{\pi^2 E J_v}{l^2}$ bis $49,11 \frac{\pi^2 E J_v}{l^2}$

$$q\left(\frac{l}{3}\right) = 1,827 \frac{1}{\sqrt{EF}} \frac{1}{\frac{l}{3}} \left(P_r - \frac{\pi^2 E J_v}{\left(\frac{l}{3}\right)^2}\right)^{3/2}$$

oder angenähert für:

P_r von $\left(4n^2 - 4n + \frac{10}{9}\right)\frac{\pi^2 E J_v}{l^2}$ bis $\left(4n^2 + 4n + \frac{10}{9}\right)\frac{\pi^2 E J_v}{l^2}$

$$q\left(\frac{l}{n}\right) = 1,827 \frac{1}{\sqrt{EF}} \frac{1}{l} \left(P_r - \frac{\pi^2 E J_v}{\left(\frac{l}{n}\right)^2}\right)^{3/2}$$

wobei n = Anzahl der halben Wellenlängen.

Die Grenze, bis zu welcher die Annäherungsformel 5) brauchbar ist, ist äufserst für den Fall, dafs der Stab Neigung hat, die Form einer halben Welle anzunehmen.

Man nehme, um die Brauchbarkeit der Annäherungsformel 5) festzustellen, $P_r = 9 \frac{\pi^2 E J_v}{l^2}$ an.

Hiermit stimmt überein (siehe Formel 9):

$$P = \frac{2}{3} P_r + \frac{1}{3}\frac{\pi^2 E J_v}{l^2} = \frac{2}{3} . 9 \frac{\pi^2 E J_v}{l^2} + \frac{1}{3}\frac{\pi^2 E J_v}{l^2} = \frac{19}{3}\frac{\pi^2 E J_v}{l^2} =$$
$$= 6,33 \frac{\pi^2 E J_v}{l^2},$$

wofür nach Seite 385 die Werte, die man mit der Näherungsformel 5) für q findet, $\frac{407 - 380}{380}$ oder etwa 7 % gröfser sind, als die welche die ursprüngliche Formel 4) liefert.

Selbst für diesen ungünstigsten Fall kann die Genauigkeit von Formel 5) für die Praxis als genügend erachtet werden.

Zum Schlufs ist an Stelle eines Stabes von beschränkter Länge die benötigte Stütze für einen Stab von der Länge L zu bestimmen, welcher ins unendliche durch feste Stützpunkte gestützt wird und in dem eine durch Temperaturerhöhung verursachte Druckkraft P_r wirkt.

Auf gleiche Weise wie früher bei einem Stab von beschränkter Länge stelle man sich vor, dafs bei einem kleinen Anwachsen der Druckkraft die Länge einer halben Welle übergeht von $\frac{L}{n} = l$ auf $\frac{L}{n+1} = l + \Delta l$ (worin dann Δl negativ ist).

Bei der Länge l der halben Welle ist nach 10) für eine beliebige Druckkraft P_r eine seitliche Stütze nötig:

$$q(l) = \frac{\pi^3}{12\sqrt{2}} \frac{1}{\sqrt{EF}} \frac{1}{l} \left(P_r - \frac{\pi^2 E J_v}{l^2}\right)^{3/2} = \int(P_r, l),$$

während bei der Länge $l + \Delta l$ der halben Welle für eine beliebige Druckkraft P_r eine seitliche Stütze nötig ist:

$$q(l + \Delta l) = \int(P_r, l + \Delta l).$$

Ist q_l die Ordinate und P_r die Abszisse des Schnittpunktes der durch die beiden letzten Gleichungen dargestellten Linien, dann ist q_l die seitliche Stütze, welche bei einer Druckkraft P_{rl} und eine Länge l für die halbe Welle nötig ist.

Durch Elimination von l

$$q_{(l)} = \int P_r, l)$$

und $\frac{d\int(Pr, l)}{dl} = 0$ oder $P_r = \frac{4\pi^2}{l^2} E J_v$ oder $l = 2\pi \frac{\sqrt{E J_v}}{P_r}$ . . 13)

findet man also die gesuchte Beziehung zwischen der Druckkraft P_r und den benötigten seitlichen Stützen q:

$$q = \frac{\pi^2 . 3^{3/2}}{192\sqrt{2}} \frac{1}{\sqrt{EF}} \frac{1}{\sqrt{E J_v}} P_r^2 = 0,189 \frac{1}{\sqrt{EF}} \frac{1}{\sqrt{E J_v}} P_r^2 \,.. 14)$$

welche die Umhüllende darstellt der Linie $q = \int(P_r, l)$ mit l als veränderlichem Parameter.

Ferner sei bemerkt, dafs Gleichung 13) $l = 2\pi \frac{\sqrt{E J_v}}{P_r}$ die Länge der halben Welle angibt, welche zu einer Druckkraft P_r gehört und den dazu benötigten seitlichen Stützen q und dafs diese zweimal gleich der Länge ist, bei der ein Stab von demselben Querschnitt ohne seitliche Stützen knickt unter einer Druckkraft P_r.

Bei Verwendung der Gleichung 13)

$$l = 2\pi \frac{\sqrt{E J_v}}{P_r} \text{ oder } P_r = 4 \frac{\pi^2 E J_v}{l^2}$$

findet man, für die Werte y_m, wofür q maximum wird, nach Formel 8):

$$y_m(q_{max}) = \frac{1}{2\sqrt{2}} \frac{1}{\sqrt{EF}} l \sqrt{\left(P_r - \frac{\pi^2 E J_v}{l^2}\right)} =$$
$$= \frac{\sqrt{3} . \pi}{2\sqrt{2}} \frac{\sqrt{E J_v}}{\sqrt{EF}} = 1,92 \frac{\sqrt{E J_v}}{\sqrt{EF}} \,\ldots\ldots 15)$$

und für die bei einer Ausknickung y_m (q_{max}) zugehörige Druckkraft nach Formel 9):

$$P = \frac{2}{3} P_r + \frac{1}{3}\frac{\pi^2 E J_v}{l^2} = \frac{3}{4} P_r = 3 \frac{\pi^2 E J^2}{l^2} \,\ldots 16)$$

Nach Seite 385 sind für

$$P = \frac{3\pi^2 E J_v}{l^2}$$

die Werte, die man mit der Annäherungsformel 5) für q findet, $\frac{153 - 151,2}{151}$ oder etwa 1,2 % gröfser als die, welche die ursprüngliche Formel 4) liefert, so dafs für diesen Fall die Annäherungsgleichung 5) die ursprüngliche Gleichung 4) mit grofser Genauigkeit ersetzt.

Aus der Lage, welche die Umhüllende in Anbetracht der Linien $q = \int(P_r, l)$ hat, ist ersichtlich, dafs die einer Kraft P_r zugehörige seitliche Stützenkraft für einen unendlich langen Stab stets gröfser ist, als für einen Stab von demselben Querschnitt von beschränkter Länge, so dafs man oben die Eulersche Knickgrenze auch für einen Stab von beschränkter Länge, die einfache Gleichung 14) für einen Stab von unendlicher Länge verwenden kann.

Verhalten einer Reihe gleichlanger Stäbe beschränkter Länge, die durch Gelenke verbunden und gleichmäfsig seitlich gestützt sind, gegen seitliches Ausknicken.

Bei Gleichung 14) ist angenommen, dafs die Enden des Stabes sich nicht vom Platz bewegen, weder in der Richtung des Stabes, noch senkrecht dazu.

Für eine Reihe durch Gelenke verbundener Stäbe, deren Gelenkpunkte nicht seitlich ausweichend befestigt sind, müssen folgende zwei Voraussetzungen erfüllt werden:

1. dafs jeder der Stäbe für sich selbst nicht knickt, worüber Gleichung 14) Aufschlufs gibt;
2. dafs die Gelenkpunkte nicht ausweichen können.

Für das Knicken in wagrechter Richtung ist der gefährlichste Stand in Abb. 2 angegeben.

Wenn die Knotenpunkte eine Ausknickung η erfahren, ist hiermit eine Verlängerung des Stabes $\delta\lambda = 2\frac{1}{\lambda}\eta^2$, oder eine Verminderung der Druckkraft $EF\frac{\delta\lambda}{\lambda} = 2\frac{EF}{\lambda^2}\eta^2$ verbunden.

Bei einer Ausknickung η beträgt also die Druckkraft $P = P_r - 2\frac{EF}{\lambda^2}\eta^2$.

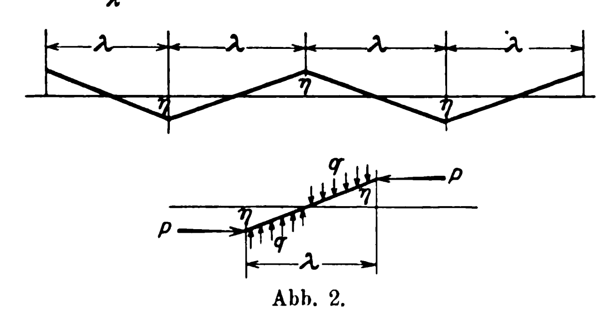


Abb. 2.

Die seitlichen Stützen, die auf die Längeneinheit nötig sind, um den Stab im Gleichgewicht zu halten, sind:

$q = \frac{8}{\lambda^2}P\eta = \frac{8}{\lambda^2}P_r\eta - \frac{16\,EF}{\lambda^4}\eta^3$ wird ein Maximum für

$$\frac{dq}{d\eta} = 0 \text{ oder für } \eta = \frac{\lambda}{\sqrt{6}\sqrt{EF}}\sqrt{P_r} = 0{,}408\frac{\lambda}{\sqrt{EF}}\sqrt{P_r}, \quad 35)$$

so dafs

$$q_{max} = \frac{16}{3\sqrt{6}}\frac{1}{\sqrt{EF}}\frac{1}{\lambda}P_r\sqrt{P_r} = 2{,}177\frac{1}{\sqrt{EF}}\frac{1}{\lambda}P_r\sqrt{P_r} \ldots 36).$$

Beispiel:

Als Beispiel soll die Knickfestigkeit einer gegebenen Schiene untersucht werden.

Für die Schiene ist $E = 2\,000\,000$ kg/cm².

Gewicht der Schiene 41 kg/m, Schienenlänge 15 m. $F = 52$ cm², $J_v = 288$ cm⁴, $J_h = 1352$ cm⁴. Schwellen von Holz 270 cm lang, 26 cm breit und 16 cm stark, Oberfläche 5 cm unter Bettung liegend im Abstand von 80 cm.

Da die Verbindung zwischen den gegenüberliegenden Schienenstäben nicht von der Art ist, dafs nur einigermafsen auf eine Zusammenwirkung auf einer Schwelle gerechnet werden kann, ist als Knickfestigkeit eines Gleises in wagrechter Richtung die Knickfestigkeit für einen Schienenstrang, welcher gegen seitliches Ausweichen durch die Hälfte des Widerstandes der Schwelle gestützt wird, mafsgebend. Die Hälfte des seitlichen Widerstandes der Schwelle q_z ist zu 1 kg auf den lfd. cm Schiene angenommen.

Der für q_z angegebene Wert beruht auf einer sorgfältigen Berechnung*), welche der Wirklichkeit entspricht. Es ist selbstverständlich, dafs diese durch weitere Versuche für die verschiedenen Verhältnisse geprüft werden müfste.

Es ist zu bemerken, dafs — wie man aus Gleichung 14) ersieht — P_r gleichwertig ist mit $\sqrt{q_z}$.

Daraus folgt, dafs eine Ungenauigkeit in der Annahme für q sich in geringerem Mafse in den Werten von P_r bemerkbar macht. Man findet nun bei der oben angenommenen Schiene, dafs in erster Linie zu befürchten ist, dafs der Schienenstab seitwärts**) ausknickt und zwar nach Gleichung 14) bei einer Druckkraft von ungefähr $P_r = 33{,}9$ t oder 650 kg/cm². Weiter errechnet sich eine kleinste halbe Wellenlänge $l = 7{,}28$ m.

*) Siehe die Broschüre „Knikvastheid van het spoor“ von C. H. De Vries Broekmann, Verlag Technische Boekhandel en Drukkerij J. Waltmann jr., Delft).

**) Die Berechnungen für lotrechtes Ausknicken siehe die genannte Broschüre.

Nach Gleichung 15) ist der zugehörige Wert von y_a (q_{max}) ungefähr 4 cm. Wird vorausgesetzt, dafs die Laschen mit vier Schrauben versehen, dafs die Neigung der Anschlufsfläche der Schienen mit den Laschen 1:4 ist, und dafs der Schienenfufs auf den Schwellen mittels Klemmplatten und Schrauben angedrückt wird, dann erreicht, solange zwischen den nachfolgenden Schienenstäben ein Spielraum ist, die gröfste Druckkraft, welche durch Temperaturerhöhung verursacht werden kann, unter Berücksichtigung der Widerstände der Schienenbefestigung an den Enden des Gleises rund 22 t, in der Mitte rund 32 t, was einer Temperaturerhöhung von 28 Grad entspricht*).

Die gröfste Druckkraft in der Mitte mit 32 t kommt also schon sehr nahe an die Druckkraft von 33 t heran, bei der nach dem obigen ein Ausknicken zu erwarten ist. Wenn bei einer sehr hohen Temperatur die Schienenlücken sich schliefsen, wird die gröfste Druckkraft durch den gröfsten Temperaturunterschied bestimmt.

Nimmt man, wie üblich, für den gröfsten Jahrestemperaturunterschied 80 Grad an, dann beträgt die gröfste Druckkraft 91 t, welche die gefundene Knickgrenze von 33,9 t weit überschreitet. Die Druckkraft von 33,9 t, bei der Knicke eintreten können, entsteht bereits bei einer Temperaturerhöhung von ungefähr 30 Grad. Die mir bekannt gewordenen Erfahrungen scheinen mit der Wirklichkeit gut übereinzustimmen. Man mufs daher sagen, dafs es lediglich der besonderen Sorgfalt, die fortdauernd in der Gleisunterhaltung aufgewendet wird, zu verdanken ist, dafs das Ausknicken der Gleise so selten vorkommt und dafs es als ein unglücklicher Zufall zu betrachten ist, wenn solche Ausknickungen vorkommen.

Gebogener Stab (Schienen in Kurven).

Im folgenden sollen noch einige Punkte besprochen werden, die sich auf Stäbe beziehen, die in der wagrechten Ebene gebogen sind.

Ein Bogen, dessen Enden festgehalten werden und in welchem durch Temperaturerhöhung eine Druckkraft entsteht, hat in erster Linie Neigung, nach aufsen auszuweichen. Ist R der Durchmesser des Bogens und P_r die Druckkraft, welche in dem Bogen hervorgerufen wird, dann beträgt der Widerstand, welcher für das Gleichgewicht an der Aufsenseite von dem Bogen auf die Längeneinheit nötig ist: $p = \frac{P_r}{R}$.

Wenn die Druckkraft eine bestimmte Grenze**) überschreitet, ist zu beiden Seiten des Bogens ein seitlicher Widerstand q auf die Längeneinheit nötig.

Ausgehend von einem durchlaufenden, seitwärts gestützten, geraden Schienenstab, dessen halbe Wellenlänge, welche bei Knick entstehen würde, gering ist im Verhältnis zu den bei Gleisen vorkommenden Bogenhalbmessern, kann im Bogen eines durchlaufenden Schienenstabes für q mit genügender Genauigkeit der gleiche Wert q angenommen werden, wie er früher für einen gebogenen Stab gefunden wurde. Es beträgt also für einen durchlaufenden Schienenstab die benötigte seitliche Stütze an der Aufsenseite

$$p + q = \frac{P_r}{R} + 0{,}189\frac{1}{\sqrt{EF}}\frac{1}{\sqrt{EJv}}P_r^2,$$

*) Siehe den Aufsatz von A. Wöhrl im Organ 1927, Heft 1 und 2 „Experimentelle Grundlagen der Schienenschweifsung auf freier Strecke“.

**) Wenn die Bogenlänge nicht zu grofs ist im Verhältnis zum Durchmesser:

$P = \left(\frac{\pi^2}{l^2} - \frac{1}{R^2}\right)EJ$, was für $R = \infty$ die Eulersche Formel liefert: $P = \frac{\pi^2}{l^2}EJ$ und für $l = \frac{\pi}{2}R$ die Boussinesq'sche Formel: $P = \frac{3}{R^2}EJ$ oder $p = \frac{3}{R^3}EJ$.

an der Innenseite:

$$q = 0{,}189 \frac{1}{\sqrt{EF}} \frac{1}{\sqrt{EJ v}} P_r^2.$$

Zu bemerken ist, dafs der Ausdruck $p = \frac{P_r}{R}$ einen ziemlich grofsen Wert erhalten kann. Zum Beispiel für die auf Seite 388 berechnete gröfste Druckkraft $P_r = 32$ t und für $R = 50$ m, wird $p = \frac{P_r}{R} = \frac{32}{50} = 0{,}64$ kg/cm.

Der Umstand, dafs im Bogen, um den äufseren Schienenstab zu überhöhen, die Schwellen in einer Neigung liegen, bringt mit sich, dafs in Wirklichkeit der Widerstand gegen seitliches Ausweichen an der Aufsenseite des Bogens etwas gröfser ist als an der Innenseite. Der hierdurch entstehende Unterschied macht jedoch nur einen kleinen Teil von p aus. Die Rechnungsergebnisse zeigen, dafs im Bogen nicht allein die Neigung besteht zur Verschiebung nach aufsen, sondern dafs gleichzeitig die Gefahr des Knickens gröfser ist als bei einem geraden Schienenstab.

Versuch.

Die Berechnung wurde durch Versuch an Stäben unter gleichen Voraussetzungen geprüft*).

Dabei wurde die Druckspannung in den Stäben durch eine äufsere Kraft erzeugt. Die seitlichen Stützen wurden dadurch geschaffen, dafs zu beiden Seiten des Stabes über

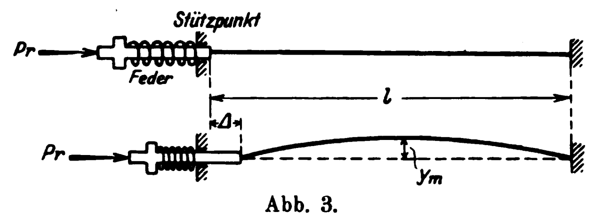
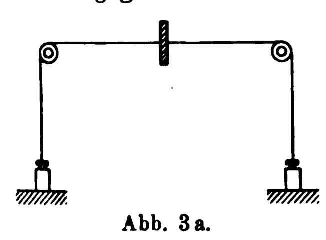


Abb. 3.

Rollen laufende Gewichte an Drähten angebracht wurden. Jedes der Gewichte war in der Gleichgewichtslage gestützt und wurde nur dann emporgehoben, wenn der Stab nach der dem Gewicht gegenüber befindlichen Seite ausknickte (Abb. 3 und 3a).


Abb. 3a.

Um zu erreichen, dafs die durch Gewichte erzeugte Druckkraft ebenso wie eine durch Temperaturerhöhung entstehende, bei dem Ausknicken des Stabes abnimmt, wurde eine Feder zwischengeschaltet, die der Druckkraft entgegengesetzt wirkt, sobald der Stab ausknickt.

Die Ergebnisse von Berechnung und Versuch stimmen miteinander genau überein. Für unsere gegenwärtigen Schienen, bei denen zur Verhütung einer zu grofsen Druckkraft zwischen den Schienenenden ein Spielraum (Temperaturlücke) gelassen wird, ist es von gröfster Wichtigkeit, sich ein Urteil über die Knickfestigkeit zu bilden. Es scheint mir auch nicht unmöglich, dafs dies für die Zukunft von sehr grofsem Belang sein wird. Tatsache ist, dafs die Lasche eine gebrechliche Verbindung ist, dafs man fortdauernd zu immer längeren Schienenstäben übergegangen ist, und dafs bei elektrischen Bahnen durchlaufende Schienen in Gebrauch sind. Ist es in der Zukunft nicht sehr leicht möglich, dafs man zum Schlusse zu Schienen mit durchlaufenden ununterbrochenen Schienenstäben überzugehen wünscht? In diesem Falle ist es eine Notwendigkeit und gewifs von gröfstem Werte, die Knickfestigkeit vorausschauend kennen zu lernen.

Die durchgeführten Versuche stimmen mit der Wirklichkeit überein und da die Richtigkeit der Berechnung durch die Versuche bestätigt wird, ist zweifellos die angegebene Berechnung für die Praxis brauchbar.

*) Die genauen Berechnungen siehe die genannte Broschüre.

In der an den Vortrag anschliefsenden Besprechung wurde von angesehenen Eisenbahnfachleuten nachgewiesen, dafs auch Gleisverwerfungen unter Fahrzeugen schon vorgekommen sind und dies bei sehr grofsen Achsständen (über 7 m) als möglich erachtet werden mufs.

Prof. de Vries Broekmann gibt diese Möglichkeit zu, wenn auch im allgemeinen die grofsen Gleisverwerfungen stets nur bei unbelastetem Gleis auftreten werden.

Hierzu möchte ich unter Bezugnahme auf meine Ausführungen im Organ 1927/2 über Verwerfungen kurz folgendes bemerken:

Ich habe dort dieses Gebiet als »theoretisch noch wenig durchforscht« bezeichnet. Diese Behauptung kann mit Rücksicht auf die verdienstvolle Forschungsarbeit des Herrn Prof. de Vries Broekmann, durch die die bei Gleisverwerfungen auftretenden Kräfte und Gegenkräfte einwandfrei und rechnungsmäfsig bestimmt sind, nicht weiter aufrecht erhalten werden.

Dagegen bleibt meine Forderung, durch eingehende Versuche den seitlichen Widerstand der einzelnen neuzeitlichen Gleise festzustellen, zu Recht bestehen, wie dies auch Prof. Broekmann selbst als notwendig bezeichnet.

Ferner steht fest, dafs die Untersuchung der Verwerfungen sich auf unbelastete Gleise beschränken kann, weil ja hierbei die achsiale Druckspannung im Gleis die gleiche ist wie bei belastetem Gleis, andererseits aber der Widerstand des Gleises gegen seitliche Verschiebung am geringsten ist, während letzterer beim belasteten Gleis wächst, die Gefahr von Verwerfungen hier also geringer ist.

Das soll indes nicht ausschliefsen, auch den seitlichen Widerstand belasteter Gleise festzustellen und mit den Gegenkräften (seitlicher Widerstand des belasteten Gleises, dynamische Stöfse, Fliehkraft, Bremskraft) in Vergleich zu setzen.

Prof. Broekmann berechnet den seitlichen Widerstand seines Gleises auf 1 kg/lfd. cm Schiene (Holzschwellenabstand 80 cm, 2,70 m lang, spezifisches Gewicht der Bettung 1,7, weiteres über die Art der Bettung ist nicht bekannt).

Nach meinen Berechnungen ergibt sich in einer 500 m Kurve bei + 30° C Luftwärme ein seitlicher Druck einer Schiene von 122 kg/m oder 1,2 kg/cm.

Es müfste also bei + 30° C Luftwärme in einer 500 m Kurve schon ein Ausknicken der Schienen erfolgen.

Für die gerade Strecke kommt Prof. Broekmann zu dem Ergebnis, dafs die Gefahr des Ausknickens einer Schiene von 52 cm² Querschnitt schon bei 33,9 t achsialer Druckkraft oder + 28° C Lufttemperatur beginnt.

Nach meinen Untersuchungen über die Wärmeaufspeicherung in Schienen würde diese Gefahr schon bei etwa + 20° C Lufttemperatur auftreten, da hierbei schon eine Schienentemperatur von 28° C möglich ist; die Gefahr der Verwerfung stellt sich also als gröfser dar, wenn die Wärmeaufspeicherung in Schienen berücksichtigt wird.

Die von Prof. Broekmann berechnete gröfste Schienenspannung von 91 t für 80° C Lufttemperatur wird in Wirklichkeit nie auftreten. In unserem Klima kann wohl mit 60° C Gesamtjahrestemperaturunterschied gerechnet werden (— 20° C und + 40 C) und aufserdem mufs für ein Gleis auch bei Langschienen eine Ausdehnungsmöglichkeit vorhanden sein, so dafs die Hälfte der Spannung als Zugspannung erscheint, die andere Hälfte als Druckspannung wirkend auf den Ausdehnungsstofs.

Nimmt man statt 80° C Jahresunterschied 60° C an, so ermäfsigt sich die von Prof. Broekmann berechnete Spannung von 91 t auf 68 t oder auf 1310 kg/cm² bzw. $\pm \frac{1310}{2} = \pm 650$ kg/cm² oder für eine Schiene von 44,71 cm², wie ich sie meinen Berechnungen zugrunde gelegt habe (siehe Organ 1927, Heft 2) eine Spannung von 29,5 t.

Nach meinen Berechnungen ergab sich für die vorgenannte Schiene eine Spannung von $\pm$ 48,73 t oder 1090 kg/cm². Diese von mir berechnete höhere Spannung erklärt sich aus der Wärmeaufspeicherung in den Schienen bei + 30° Lufttemperatur, die (wie ich nachwies) 30 bis 50 % beträgt. Unter dieser Voraussetzung stimmen die Rechnungsergebnisse überein.

Die schon im Jahre 1911 von Prof. Broekmann (siehe Seite 389) aufgeworfene Frage: »Ist es in Zukunft nicht sehr leicht möglich, dafs man schliefslich zu Schienen mit ununterbrochen durchlaufenden Schienenstäben überzugehen wünschen wird?« eilte der heute angestrebten Schienenschweifsung soweit voraus, dafs sie als Prophezeiung eines weit vorausblickenden Geistes in Erstaunen setzen mufs.

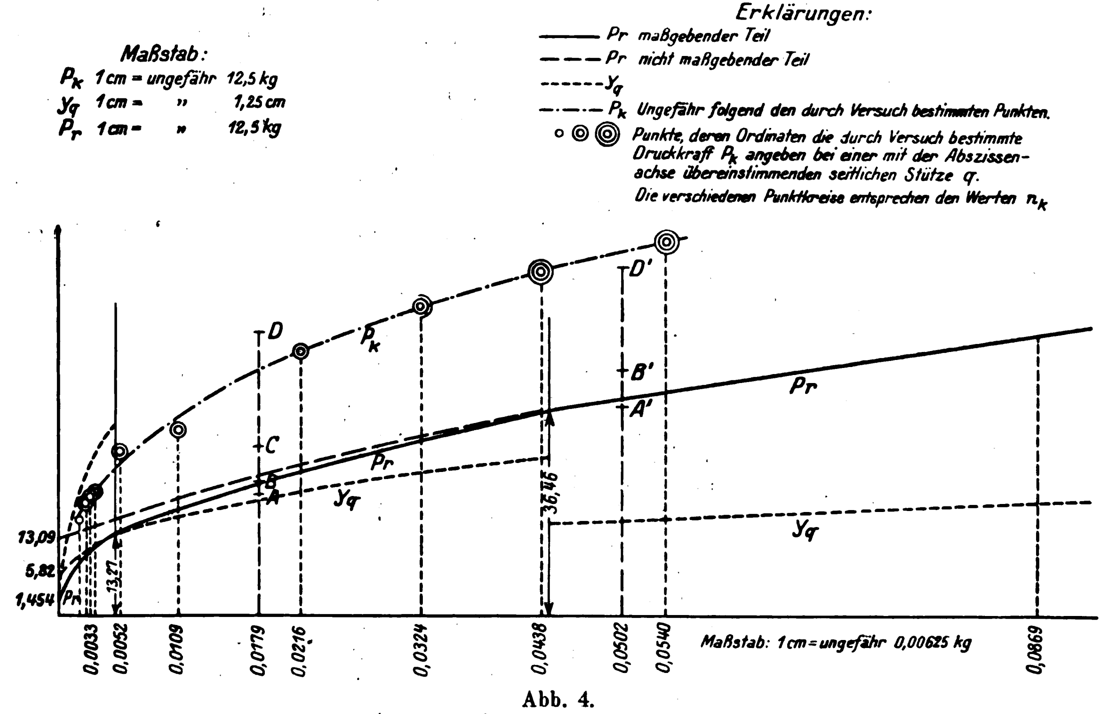


Abb. 4.

Prof. Broekmann ist dabei offenbar von dem Gedanken ausgegangen, dafs die Knickung eines Gleises sehr wohl verhindert werden kann, wenn durch seitliche Stützen die geringen seitlichen Anfangskräfte, durch die eine Knickung eingeleitet wird, unwirksam gemacht werden. Man kann dabei an wirkliche seitliche Festpunkte denken oder die Ausgestaltung der Schwellenfelder zu einer wagrecht liegenden Brücke, indem man Winkeleisen als Diagonalen auf die Schwellen aufschraubt.

Da aber schliefslich alle diese Mittel die Gefahr des Ausknickens der Schienen nur vermindern, aber kaum in allen Fällen verhindern können und da kaum zu erwarten ist, dafs unsere Gleise einen wesentlich gröfseren seitlichen Widerstand in der Bettung als den von Prof. Broekmann errechneten (1 kg/cm auf die Schiene) finden (die zur Zeit vom Zentralamt Berlin eingeleiteten Versuche müssen hier die weitere Klärung bringen)*), so dürfte die theoretische Untersuchung über die wagrechte Knickfestigkeit der Gleise nur die Überzeugung bestärken, dafs es zweckmäfsig ist, den Gefahren der Gleisverwerfungen möglichst aus dem Wege zu gehen. Die Lösung der Frage der Schienenschweifsung auf der freien Strecke wird also nach der Richtung zu suchen und weiter zu verfolgen sein, dafs die Schienen zwar auf sehr grofse Längen geschweifst werden, die Verbindung der Schienen aber mit den Schwellen so lose wie möglich gehalten wird, damit sich die Schienen ohne zu grofse Druckkräfte ausdehnen und diese Ausdehnung auf besonders zu konstruierende Ausziehstöfse übertragen können. Andererseits wird zu fordern sein, dafs die Schwellen in ihrer Lage sich nicht verändern und ein Hin- und Herschieben der Schwellen auf der Bettung (unruhige Gleislage) vermieden bleibt.

Ich denke dabei an Schienenlängen von 500 bis 1000 m, die unter den obigen Voraussetzungen meines Erachtens ohne Gefahr geschweifst werden können.

Schliefslich noch ein Wort über die Ausknickung von Eisenbahnschienen in vertikaler Richtung. In einigen in der letzten Zeit erschienenen Aufsätzen (Gleistechnik 1927/13 »Über Schienenschweifsung« von Lange, Bahnbau 1927/23 und 25 »Langschienen« von Zimmermann) findet sich die Anschauung vertreten, dafs die Verwerfung eines Eisenbahngleises in der Weise vor sich geht, dafs zuerst die Ausknickung in vertikaler Richtung nach oben erfolgt und sodann das Gleis sich nach der Seite verschiebt.

Aus der obigen Berechnung von Prof. Broekmann ergibt sich, dafs bei Annahme eines seitlichen Gleiswiderstandes von q = 100 kg/m und Schiene und bei den zur Zeit üblichen Oberbauformen das Widerstandsmoment der Schienen in vertikaler Richtung und der Widerstand q in vertikaler Richtung (Gewicht von Schienen und Schwellen, Reibung der Schwellen in der Bettung, zusammen etwa 300 bis 350 kg/m und Gleis) so wesentlich gröfser ist als in horizontaler Richtung, dafs ohne weiteres ersichtlich ist, dafs nur eine Ausknickung in horizontaler Richtung auftreten kann.

Nimmt man aber den seitlichen Widerstand der Bettung q nach Bräuning zu 200 kg/m und Schiene oder noch höher an, so kann nach Umständen auch ein Ausknicken in vertikaler Richtung nach oben im Bereich der Möglichkeit liegen.

Bekannt ist, dafs bei vielen Verwerfungen die Gleise den Weg des kleinsten Widerstandes nehmen und bei vollgefüllter Bettung nach auswärts schräg ansteigen.

Auf Grund der von Prof. Broekmann durchgeführten Berechnungen für horizontale und vertikale Ausknickung kann in jedem einzelnen Fall untersucht werden, welche von beiden in erster Linie eintreten wird.

*) Bräuning gibt allerdings in seinen „Grundlagen des Gleisbaues" Seite 51 den seitlichen Widerstand der Bettung zu 200 kg/m und Schiene, M. M. v. Weber sogar zu 250 kg an.

Bemerkenswerte Einrichtungen des neuen Lokomotivschuppens in Schaerbeek. (Belgien)*).

Von Reichsbahnrat Ebert, Aschaffenburg.

Der neue Lokomotivschuppen in Schaerbeek weist eine Reihe bemerkenswerter Einrichtungen auf, über deren Brauchbarkeit bereits ein Urteil gefällt werden kann, weil sie seit dem Jahre 1924 schon in Betrieb stehen.

Die Grundrifsanordnung des Schuppens zeigt, wie fast alle belgischen Lokomotivschuppen, die rechteckige Form mit

*) Nach der Beschreibung von Chantrell im Bulletin du Congrès des Chemins de Fer., Mai 1927.



parallel liegenden Ständen. Das Gebäude besteht eigentlich aus zwei aneinander gesetzten Schuppen von je 95 m Länge mit einer dazwischen liegenden Werkstätte von 19 m Länge, sodafs sich eine Gesamtlänge des Gebäudes von 209 m ergibt. Jeder Schuppenteil enthält 19 Gleise, auf denen je vier oder fünf Lokomotiven aufgestellt werden können. Die rechteckige Schuppenform wurde gewählt, weil sie die einfachere und billigere ist und gestattet, eine Höchstzahl von Lokomotiven auf einer gegebenen Grundfläche unterzubringen. Hinsichtlich Diensteinteilung und Ausfahrt der Lokomotiven ist das Rundhaus günstiger. Für den Rechteckschuppen müssen die Lokomotiven nach der Tiefe entsprechend der Ordnung der abfahrenden Züge aufgestellt werden, um ohne Verschiebebewegungen auszukommen. Trotzdem werden durch verschiedene Umstände zahlreiche Lokomotivverstellungen nötig um die in der Tiefe des Schuppens stehenden Fahrzeuge herauszuholen. Zu Anfang waren oft bis zu 80 Rangierbewegungen innerhalb 24 Stunden nötig, die von einer besonderen Verschiebelokomotive mit Arbeitergruppe ausgeführt wurden. Dieser Mifsstand konnte teilweise beseitigt und die Zahl der Verschiebebewegungen auf etwa 50 herabgedrückt werden dadurch, dafs im voraus eine besondere Ordnung erstellt wird, nach welcher die Lokomotiven auf jedem Gleis in der Reihenfolge ihres Auslaufes aufgestellt werden. Eine besondere Belegungstafel, die in der Wagrechten Abschnitte für die Gleise und in jedem Abschnitt die 24 Stunden des Tages und in der Senkrechten die Stände auf den Gleisen einschliefslich der Stände auf dem Hofe für Kurzwendungen trägt, erleichtert die planmäfsige Besetzung der Stände. Trotzdem bleiben vor allem wegen verspäteter Rückkehr der Lokomotiven vom Dienst zahlreiche Verschiebebewegungen auszuführen. Aus diesen Gründen sind die belgischen Eisenbahnen dazu übergegangen bei den spätern Bauten, wie z. B. in dem neuen Schuppen von Bertrix, eine Schiebebühne in der Mitte des Schuppens und eine Gleisharfe vor dem Schuppen anzuordnen. Die Lokomotiven laufen über der Schiebebühne ein und über die Gleisharfe aus. Auf diese Weise werden die Vorteile eines fortgesetzten Umlaufes erzielt. Im Falle eines Schadens an der Schiebebühne wird der Umlauf über die Gleisharfe aufrecht erhalten.

Die R a u c h a b s a u g u n g erfolgt mittels Metallhauben, die mit beweglichen Flügeln sich auf die Lokomotivkamine setzen. Diese beweglichen Rauchabzüge münden in ein Sammelrohr, das in zwei Kaminen, einen für jeden Halbschuppen, von 55 m Höhe endigt. Die Anlage saugt den Rauch sehr gut ab und beschleunigt das Anheizen der Lokomotiven. Versuche haben gezeigt, dafs der Zeitgewinn bei der Anfeuerung 30 bis 40 Minuten beträgt. Die Anlage hat jedoch ernste Mängel. Die Anlage- und Instandhaltungskosten sind sehr hoch. Trotz aller Vorschriften und bester Aufsicht kommen häufig schwere Beschädigungen vor, weil vergessen wird die Hauben vor der Abfahrt der Lokomotiven aufzuziehen oder weil ein unerwarteter Stofs gegen die Maschine erfolgt usw.

Die Metallhauben halten den Angriffen der Rauchgase nicht stand, so dafs seit der Indiensstellung, also innerhalb dreier Jahre, bereits 35 von ihnen ersetzt werden mufsten. Die Rauchabzugröhren beeinträchtigen in gewissem Grade die gute Beleuchtung des Schuppens. Die Notwendigkeit die Lokomotiven genau unter die Rauchabzüge zu stellen führt wegen der verschiedenen Länge der Lokomotiven zu ungünstiger Ausnützung des überdachten Raumes. In Schaerbeek gehen dadurch durchschnittlich 3 bis 4 m Gleis zwischen zwei Lokomotiven, das sind bei drei Hinterstellungen 9 bis 12 m Gleis verloren, die bereits für Hinterstellung einer Verschiebelokomotive ausreichen würden. Aufserdem ist es für verschiedene Unterhaltungsarbeiten an der Maschine nötig sie in eine bestimmte Stellung zu bringen: die Haube mufs gehoben, die Maschine vor und nach der Ausbesserungsarbeit verstellt und mit dem Anheizen gewartet werden, bis die Maschine wieder unter der Haube steht.

Diese Umstände haben die belgischen Eisenbahnen dazu gebracht von weiteren Anwendungen dieser gemeinsamen Rauchabsaugung abzusehen. Bei den in letzter Zeit errichteten Schuppen sind durchlaufende Rauchabzüge aus Eisenbeton eingebaut worden, die wie nach unten offene Tröge an der Dachung aufgehängt sind. Auf den Trögen stehen Kamine mit Luftsaugern verschiedener Bauarten, die alle darauf beruhen, dafs ein Luftdurchzug erzeugt und dabei der Rauch mit abgesaugt wird.

Die A n o r d n u n g d e r H ö f e geschah nach dem Gesichtspunkt eines zweckmäfsigen Lokomotivdurchlaufes. Die Lokomotiven durchlaufen bei ihrer Rückkehr ohne eine Gegenläufigkeit alle Behandlungsanlagen von der Drehscheibe über die Bekohlungs- und Besandungsanlage zur Entschlackungs- und Wassernahmsanlage. Die auslaufenden Lokomotiven schneiden nirgends den Weg der einlaufenden Lokomotiven. Die Dauer der Lokomotivbehandlung beträgt dank dieser Anordnung höchstens 35 Minuten: 15 Minuten für Drehen, Untersuchung, Versorgung mit Brennstoffen und Sand, 15 Minuten für Feuerputzen, Rauchkammerreinigen, Wasserfassen und 5 Minuten für Einstellen im Schuppen. Im alten Schuppen war die Behandlungszeit etwa dreimal höher.

Die B e k o h l u n g s a n l a g e besteht aus einer Eisenbetonbühne, die an die beiden Lokomotivanfahrgleise reicht und auf der stets eine Anzahl gefüllter Hunde steht. Die Kohlenkleinwagen werden auf einem durch Drehscheiben verbundenen Netz von Kleingleisen bewegt. Zwei dieser Kleingleise führen zu den Kippern, die den Inhalt der Hunde auf die Tender stürzen. Auf der entgegengesetzten Seite der Bühne empfangen zwei Kleingleise die durch zwei voneinander unabhängige Förderer emporgehobenen Hunde. In Höhe des Erdbodens liegt ein zweites Kleingleisnetz, das zu den Kohlenbunkern der Kohlenmischanlage und zu den Brikettwagen führt. An der Kohlenbühne sind auch die Sandbunker angeordnet. Sie werden durch ein Förderwerk gefüllt, das den Sand vom Trockenofen emporhebt. Die Bunker sind derart angeordnet, dafs sowohl Lokomotiven mit Sandkasten in der Mitte als auch Lokomotiven mit seitlich angeordneten Sandkästen bedient werden können.

Die Kohlenbühne arbeitet besonders hinsichtlich der Schnelligkeit der Lokomotivbekohlung zufriedenstellend. Der Zeitbedarf beträgt etwa eine Minute für 1 Tonne. Der tägliche Umschlag betrug 1926 im Mittel 300 t, davon 60 t Briketts. Die Kosten je umgeschlagene Tonne betrugen etwa 2 Fr. 20 In dieser Summe sind enthalten die Löhne (1 Fr. 55) die Stromkosten (0 Fr. 06), die Unterhaltungskosten (0 Fr. 06), der Zins- und Tilgungsbetrag (0 Fr. 26), die Allgemeinkosten (0 Fr. 27).

Für andere Betriebswerke von der Gröfse Schaerbeeks sind für die Bekohlung Dampfkräne mit Greifern für die Kohle und feststehende elektrische Kräne mit Sondereinrichtung für Brikettverladung aufgestellt. Die Bekohlung vollzieht sich mit diesen Einrichtungen weniger rascher als mit der Kohlenbühne. Der Zeitbedarf für die Tonne beträgt etwa drei Minuten, aufserdem sind die Kosten für die umgeschlagene Tonne etwas höher, nämlich etwa 3 Fr. Die Lohnkosten allein sind etwa 20 % höher als bei der Kohlenbühne.

Kohlenladetürme in Verbindung mit einer Bühne für Briketts gestatten im Vergleich mit der Kohlenbühne die Lohnkosten um mehr als die Hälfte herabzusetzen, wenn auch die Anlagekosten etwa dreimal höher sind. Für eine Umschlagmenge von etwa 300 t wie in Schaerbeek ergeben sich die Umschlagkosten je Tonne etwa zu 2 Fr., also etwas weniger als für die Kohlenbühne in Schaerbeek. Aus diesem Grunde haben sich die belgischen Bahnen entschlossen diese Bekohlungsart für ihre neuen wichtigen Schuppen anzuwenden.

Die Entschlackungsanlage umfafst zwei nebeneinander liegende Gruppen von Putzgräben für je acht Lokomotiven. Jede Gruppe wird von einem Greifer zu 1 m^3 Inhalt bedient, dessen Katze auf einer Hängebahn läuft. Die Betätigung des Greifers erfolgt vom Führerhäuschen zu ebener Erde. In den neuerdings gebauten Anlagen ist eine mit Führerkorb versehene, als Brücke ausgebildete Laufkatze gewählt worden. Die Anlage in Schaerbeek arbeitet zur vollen Zufriedenheit.

Die Lokomotivauswaschanlage ist nach dem System Micheli gebaut. Es ist eine selbsttätig arbeitende Anlage, die nach ähnlichen Grundsätzen gebaut ist wie die bei uns bekannten Anlagen, bei denen das ablaufende heifse Kesselwasser über Reiniger in den Spritzwasserbehälter gelangt und auf seinem Wege in Gegenstromkühlern seine Wärme an das Füllwasser abgibt. Aufser Spritzwasser- und Füllwasserpumpe sind noch Umlauf- und Kesselablaufpumpen vorhanden. Regler verschiedener Art bedienen selbsttätig die Anlage. Das Spritzwasser zeigt eine Temperatur von 50 bis 60°, das Füllwasser von 70° bis 80°. Der Gesamtwirkungsgrad der Anlage, d. h. das Verhältnis der von Spritzwasser und Füllwasser aufgenommenen Wärmemenge zu der im Kessel enthalten gewesenen Wärmemenge beträgt 80 bis 85 %, gegen 50 % bei Waschlokomotiven oder ortsfesten Kesseln. Die Ersparnis beträgt für jede Waschung etwa 176 kg Kohle und 7 m^3 Wasser. Die Wirtschaftsrechnung für die Anlage zeigt, dafs sie in etwa drei Jahren abbezahlt ist.

Die Kohlenmischanlage hat den Zweck die verschiedenen der Bahn aus den belgischen Zechen zur Verfügung stehenden Sorten in ein günstigstes Gemisch zu bringen. Es stehen zur Verfügung halbfette Kohlen mit 13 bis 18 % flüchtigen Bestandteilen, Magerkohlen mit 8 bis 13 % flüchtigen Bestandteilen, die für Verfeuerung in der Lokomotive nicht geeignet sind und die durch Mischung mit Fettkohlen von 20 bis 32 % flüchtigen Bestandteilen gewissermafsen zu halbfetten Kohlen gemacht werden mit einem Gehalt von etwa 18 % flüchtigen Bestandteilen. In jeder dieser drei Sorten bestehen aufserdem Unterschiede im Aschengehalt: man unterscheidet z. B. die saubere Halbfettkohle bis zu 10 % Aschengehalt, die mittelsaubere Halbfettkohle bis zu 14 % Aschengehalt und die unsaubere Halbfettkohle bis zu 20 % Aschengehalt. Aufserdem unterscheiden sich die Kohlen noch hinsichtlich des Aschenschmelzpunktes und der Schlackenbildung.

Die Mischanlage besteht aus vier Türmen für je 120 t, von denen einer als Reserve dient. Die drei Betriebstürme dienen zur Aufnahme von Fettkohle, Halbfettkohle und Magerkohle. Da innerhalb dieser drei Gruppen der Gehalt an flüchtigen Bestandteilen ziemlich schwankt, erfolgt zunächst eine Vormischung. Die Kohlenwagen werden vor der Entladung ausgeschieden nach der Unterteilung in Fettkohlen mit mehr flüchtigen und mit weniger flüchtigen Bestandteilen, in Halbfettkohlen mit mehr flüchtigen und mit weniger flüchtigen Bestandteilen und in Magerkohlen mit mehr flüchtigen und mit weniger flüchtigen Bestandteilen, so dafs also sechs Gruppen gebildet werden. Jede dieser sechs Gruppen wird dann nochmals in drei Untergruppen (sauber, halbsauber und unsauber), nach dem Aschengehalt geteilt. Die Ausscheidung der Kohlenwagen erfolgt auf einer Gleisharfe vor der Mischanlage. Den Türmen werden nun über die Kipper die in gewünschter Weise aussortierten Kohlen zugeführt, die sich in den Schütttrichtern und beim Hochbechern mischen. Jeder Turm enthält also Kohlen, die bereits auf eine mittlere Qualität vorgemischt sind. Eine zweite vollkommenere Mischung wird dadurch erzielt, dafs die Kohle von den Türmen über umlaufende Mischtische in beliebiger Dosierung auf ein Förderband geschüttet wird. Der Zulauf der Kohlenwagen zur Anlage wird mit Hilfe einer Tafel geregelt, die die Beschaffenheit der Kohle je nach Herkunft auf Grund der Laboratoriumsuntersuchung anzeigt. Die Kohlenmischung wird ständig durch Brennstoffuntersuchungen überwacht, die im eigenen Laboratorium in Schaerbeek auf Gehalt an Wasser, Asche und flüchtigen Bestandteilen, Aschenschmelzpunkt und Verschlackung vorgenommen wird.

Die Kohlenmischung wird eingestellt auf etwa 18 % flüchtige Bestandteile und 13 % Asche. Um Unregelmäfsigkeiten in der Kohlenzufuhr ausgleichen zu können ist sowohl ein Lager für die ungemischten Kohlensorten als auch für im Vorrat gemischte Kohle vorhanden. Die Lager werden mit Greiferbrücken bedient.

Die Anlage in Schaerbeek mischt jährlich etwa 434000 t. Zur Zeit werden drei weitere im Versorgungsmittelpunkte gelegene Anlagen gebaut, so dafs diese vier Anlagen zusammen alle belgischen Betriebswerke mit gemischter Kohle werden versorgen können. Der Einflufs der Verwendung gemischter Kohle auf die Leistung der Lokomotiven hat sich im günstigsten Sinne stark bemerkbar gemacht. Dabei ist der Verbrauch an Kohle je Tonnenkilometer zurückgegangen, in Schaerbeek etwa um 10 %. Wenn auch dieser Rückgang noch einigen anderen Umständen wie z. B. dem besseren Zustand der Maschinen, den Langläufen usw. zuzuschreiben ist, so trifft doch ein beträchtlicher Teil der Kohlenersparnis auf die Verwendung gemischter Kohle. Die Kohlenmischanlage macht sich gut bezahlt. Die belgischen Eisenbahnen halten die Versorgung des ganzen Netzes mit Mischkohle für eine der Hauptaufgaben in ihren Verbesserungsbestrebungen.

Streckenblockung für eingleisige Bahnen mit Blockstellen.

(Vereinfachung gegen die preufsisch-hessische Anordnung von 1905.)

Von Geh. Baurat **H. Seyberth**, Oberregierungsbaurat a. D., Breslau †.

Hierzu Tafel 38.

Die seit 1905 bei den ehemals preufsisch-hessischen Bahnen vorgeschriebene Bauart der Streckenblockung auf eingleisigen Bahnen*) (vierfeldrige Form) weist für Strecken mit Streckenblockstellen die Eigentümlichkeit auf, dafs jede Blockendstelle soviel Erlaubnisabgabe=(Ea) und soviel Erlaubnisempfangfelder (Ee) besitzt, als Blockabschnitte vorhanden sind. Bei Strecken mit einer Streckenblockstelle finden sich also zwei Ea und zwei Ee, bei solchen mit zwei Streckenblockstellen drei Ea- und drei Ee-felder auf jeder Endstelle.

Bei den ersten Ausführungen in der Bauart 05 konnte bei Strecken mit einer Streckenblockstelle zwischen zwei Stationen von B und C, wenn drei Züge gleicher Richtung z. B. von B nach C im Blockabstande verkehren sollten, die Bedienung der Ea-felder wie folgt vorgenommen werden: Die Erlaubnis für den zweiten Zug konnte, wie jetzt, nur gegeben, d. h. Ea_2 in C nur bedient werden, wenn der erste Zug von B abgefahren und Ee in B wieder geblockt war. Für einen dritten Zug gleicher Richtung konnte Erlaubnis Ee_2 gegeben werden, wenn der erste Zug in C eingetroffen und zurückgemeldet und dadurch Feld Ea_2 in C wieder entblockt war. Die erneute Bedienung dieses Feldes für den dritten Zug war dabei nicht von der Abfahrt des zweiten Zuges von B abhängig, sondern konnte auch geschehen, wenn sich dieser Zug noch in B befand. In diesem Falle lief jedoch der Blockstrom von Ea_2 nach dem bereits entblockten Feld Ee_2 in B,

*) Siehe Zentralblatt der Bauverwaltung, Jahrgang 1905, Seite 622 und Zeitschrift für das gesamte Sicherungswesen (Stellwerk) Jahrgang 1907, Seite 73.

brachte also hier keine Änderung im Zustand der Felder hervor. Hier blieb Ee_2 nach wie vor entblockt, auf der Strecke befand sich kein Zug, in C aber waren beide Ea-felder geblockt. War dann der zweite Zug von B abgelassen und vorgeblockt, und damit Ee_2 in B wieder geblockt, so konnte der dritte Zug erst folgen, nachdem der zweite in C eingetroffen, hier Ea_2 wieder entblockt und dann zur Entblockung von Ee_2 erneut bedient war. Es war somit in der Blockanlage eine Störung eingetreten, die sich in der Ausschaltung der Streckenblockstelle für die Zugfolge zwischen dem zweiten und dritten Zug und ferneren Zügen zeigte. Die Ursache der Störung lag daran, dafs die zweitmalige Blockung von Ea_2 zu früh erfolgt war, nämlich zu der Zeit, als das mit Ea_2 verbundene Ee_2 noch entblockt war. Sie hätte erst stattfinden dürfen, als der zweite Zug von B abgefahren und Ee_2 wieder geblockt war.

Zur Vermeidung solcher Störungen hat man den Blockstrom von Ea_2 über einen Kontakt an der Riegelstange des Endfeldes E in C geführt, der nur bei entblocktem Feld geschlossen ist. Die Erlaubnis für einen zweiten und dritten Zug kann nun erst gegeben werden, nachdem der vorher erlaubte nicht nur von B abgefahren ist, sondern auch die erste Blockstelle verlassen hat. Eine zu frühzeitige Blockung von Ea_2 ist damit in einfacher Weise verhindert, andererseits aber eine mehr als nötige Verzögerung in der Blockung dieses Feldes herbeigeführt. Geschieht sie nicht sofort nach Eintreffen der Vorblockung, so entsteht auch eine Verzögerung in der Zugfolge. Die Lösung kann daher nicht ganz befriedigen.

Ob und welche Vorkehrungen bei Strecken mit drei Blockabschnitten in Anwendung gebracht sind, die vorzeitige Erlaubnisabgabe zu verhindern, ist dem Verfasser nicht bekannt geworden. Das einfache Mittel der Anbringung eines Kontaktes am Endfeld ist hier jedenfalls nicht verwendbar.

Wenn Strecken mit drei Blockabschnitten auch nur selten vorkommen, so ist es doch erwünscht, dafs auch für diesen Fall eine einwandfreie Lösung vorhanden ist.

Nachstehend wird daher eine Änderung in der Anordnung von 05 vorgeschlagen, durch die in allen Fällen — Strecken mit zwei oder drei Blockabschnitten — für Züge gleicher Richtung frühzeitigste Abgabe der Erlaubnis für den zweiten und folgende Züge ermöglicht wird. Aufserdem soll die Gesamtanordnung dadurch vereinfacht werden, dafs auf die Verwendung mehrerer Ee-felder verzichtet wird. Als Grund für ihre Verwendung in der Zahl der Blockabschnitte wird angeführt, dafs die die Züge ablassende Station durch diese Felder über die Besetzung der Strecke unterrichtet werde. Dies trifft jedoch nur für den Augenblick zu, in dem eine Erlaubnis bei ihr eintrifft. Eine solche Angabe ist aber nur von geringem Wert. Zur Regelung der Zugfolge durch die Ankunftstation genügt in allen Fällen e i n Ee-feld, da auf der Abgangsstation auch bei der jetzt üblichen Verwendung mehrerer Ee-felder doch stets nur eins entblockt sein kann.

In dem nachstehend behandelten Falle, Strecke mit zwei Streckenblockstellen zwischen Stationen B und C mit je einem Befehlstellwerk (Abb. 1, Taf. 38) ist demgemäfs in der Verschlufstafel (Abb. 2, Taf. 38) für die Blockwerke in B und C nur je ein Ee-feld (1 und 24) vorgesehen, während die Ea-felder (je drei in B und C), die Anfang- und Endfelder in B, C und den Blockstellen I und II sowie die Unterbrecherfelder in B und C nach Zahl und Anordnung der Bauart 05 entsprechen. Statt Unterbrechern können auch Rückgabesperren verwendet werden. Abweichend von der Bauart 05 ist aber in B und C je ein weiteres Feld 7 und 18 ein sogenanntes »Abmeldefeld« Ab zugefügt. Mit seiner Hilfe soll die Abgabe der Erlaubnis geregelt werden. Zu diesem Zweck ist es durch je eine Gemeinschaftstaste mit jedem Ea-feld verbunden, wird also bei jeder Erlaubnisabgabe mitgeblockt. Entblockt wird es im regelmäfsigen Betriebe durch den Blockstrom, mit dem die Abgangsstation einen abgelassenen Zug vorblockt. Sollen z. B. zwei Züge im Blockabstande von B nach C verkehren, so hat C mit Taste 18/19 zu blocken, wodurch Ee in B (Feld 1) entblockt wird. Ist der damit freigegebene Zug I abgefahren und von B durch Blocken mit Taste T 1/2 nach Blockstelle I vorgemeldet, so wird damit auch Feld 18 entblockt (von Rot in Weifs verwandelt). Der Farbenwechsel zeigt also C an, dafs der Zug I von B abgefahren ist und dafs Erlaubnis für einen zweiten Zug gegeben werden kann. C blockt nun mit Taste 18/20, entblockt dadurch wiederum Ee in B und erhält, wenn B den zweiten Zug vorgeblockt hat, ebenfalls wieder durch Entblocken von Feld 18 Kenntnis von der Abfahrt dieses Zuges. Die Innehaltung in der Reihenfolge der Benutzung der Tasten 18/19, 18/20 (und 18/21 bei drei Zügen) wird, wie bei der Bauart 06, durch einen sogenannten Zählschieber erzwungen. Ist der erste Zug in C eingetroffen und hier das Endfeld (17) bedient, so wird wieder, wie bei der Bauart 05, Feld 20 entblockt und nach Eintreffen des zweiten Zuges und erneutem Bedienen des Endfeldes Feld 19. Damit ist der Ruhezustand aller Felder wieder hergestellt. Die Reihenfolge in der Entblockung der Ea-felder, und zwar in umgekehrter Folge wie bei dem Blocken, wird, ebenfalls wie bei der Bauart 05, mit Hilfe eines sogenannten Schaltschiebers bewirkt.

Sollen drei Züge im Blockabstand von B nach C verkehren, so spielt sich Blockung und Entblockung der Felder in gleicher Weise ab. In Abb. 2 sind für diesen Fall die Vorgänge im Abschnitt B angegeben.

Soll eine erteilte Erlaubnis nicht benutzt werden, so mufs sie, wie bei der Bauart 06, ohne Eingriff in das Blockwerk zurückgegeben werden können. Handelt es sich dabei um die Erlaubnis für e i n e n Zug (Ea), so hat der Blockstrom von Ee, wie unter A in Abb. 2, Taf. 38 angegeben, nicht nur Ea (Feld 19), sondern auch Ab (Feld 18) in C zu entblocken, um den Ruhezustand aller Felder wieder herbeizuführen.

Mufs eine zweite oder dritte Erlaubnis unbenutzt bleiben, so soll nach den Vermerken bei B (Abb. 2, Taf. 38) die Rückgabe nicht sofort, sondern, wie in den Abschnitten C und D der Verschlufstafeln angegeben, erst dann möglich sein, wenn die ganze Strecke B bis C von Zügen geräumt ist. Durch die Blockung von Ee ist dann wieder Ab und Ea zu entblocken, d. h. die gleiche Wirkung auszuüben wie bei Vorgang A. Auch dadurch wird die Schaltung gegen die der Bauart 05 vereinfacht. Hier ist sofortige Rückgabe jedes Erlaubnisempfangs möglich, dazu aber schon bei Strecken mit einer Blockstelle eine besondere Umschaltevorrichtung erforderlich, die bei der Bauart mit einem Ee-feld und Verzicht auf sofortige Rückgabe erspart wird. Die Möglichkeit der sofortigen Rückgabe jedes Erlaubnisempfangs ist aber als wesentlicher betrieblicher Vorzug nicht anzusehen. Nur, wenn es sich dabei zugleich um eine spitze Kreuzung handelt, kann damit eine geringe Beschleunigung im Ablassen des Gegenzuges erreicht werden.

An Aufsenleitungen für eine Fahrrichtung, z. B. für die von B nach C, sind bei Benutzung der Erde als Rückleitung erforderlich: L_1 zwischen Ee (1) in B und Ab/Ea, (18/19) in C, da sich diese Felder gegenseitig entblocken sollen, ferner Leitung L_2 zwischen den sich gegenseitig entblockenden Feldern 2 und 9 und L_3 zwischen 9 und 18, damit 18 durch den Blockstrom von 2 betätigt werden kann, sodann, wie bei der Bauart 06, die Leitungen L_4 und L_5 zwischen den sich gegenseitig entblockenden Feldern 10 und 13 bzw. 14 und 17. Mit diesen Leitungen ergibt sich der Schaltplan für die Fahrrichtung B bis C nach Abb. 3, Taf. 38*).

*) Von der Wiedergabe der Ableitung des Planes ist abgesehen.

Die Blockströme nehmen nach dem Schaltplan folgende Wege:

bei Vorgang	in Reihe der Verschlufstafel	
1	I:	Ic (Induktor in C) l_{11} (Leitung 11) F 19 (Feld 19) l_{12} F 18 l_{13} L_1 F 1 E (Erde) Kc (Körper des Induktors C)
» 2u	» II:	I_B l_{14} l_{15} F 1 L_1 F 19 l_{16} l_{17} l_{18} l_{19} F 18 E K_B
» 2	» IV:	I_B F 3 E K_B
» 3	» V:	I_B F 3 l_{20} l_{15} F 1 l_{21} F 2 L_2 F 9 L_3 l_{19} F 18 E K_B
» 4	» VI:	Ic l_{22} F 20 l_{23} l_{12} F 18 l_{13} L_1 F 1 E Kc
» 5	» VII:	I_{BI} F 10 L_4 F 13 E l_{24} F 2 L_2 F 9 K_{BI}
» 6	» VIII:	wie 2 in Reihe IV
» 7	» XI:	wie 3 in Reihe V
» 8	» X:	Ic l_{25} F 21 l_{26} l_{23} l_{12} F 18 l_{13} L_1 F 1 E Kc
» 9	» XI:	I_{BII} F 14 L_5 F 17 E F 10 L_4 F 13 K_{BII}
» 10	» XII:	wie 5 in Reihe VII
» 11	» XIII:	wie 2 in Reihe IV
» 12	» XIV:	wie 3 in Reihe V
» 13	» XV:	Ic l_{17} l_{27} l_{28} F 21 l_{29} l_{30} l_{31} l_{32} F 17 L_5 F 14 E Kc
» 14	» XVI:	wie 9 in Reihe XI
» 15	» XVII:	wie 5 in Reihe VII
» 16	» XVIII:	Ic l_{17} l_{27} l_{25} F 20 l_{30} l_{31} l_{32} F 17 L_5 F 14 E Kc
» 17	» XIX:	wie 9 in Reihe XI
» 18	» XX:	Ic l_{17} l_{16} F 19 l_{31} l_{32} F 17 L_5 F 14 E Kc
» 6	» XXI:	wie 9 in Reihe XI
» 11	» XXV:	wie 9 in Reihe XI
» 7	» XXII:	wie 16 in Reihe XVIII
» 12	» XXVII:	wie 16 in Reihe XVIII
» 8	» XXIII:	wie 2u in Reihe II
» 13	» XXVII:	wie 2u in Reihe II
» 10	» XXIV:	wie 13 in Reihe XV.

Erläuternd wird dazu noch bemerkt:

1. Die Druckstangenkontakte a a a und a_1 a_1 a_1 an den Erlaubnisabgabefeldern, über die die Leitungen L_1 bzw. L_3 geführt sind, sollen die gleichzeitige Blockung eines Ea-feldes in B und eines solchen in C verhindern.

2. Der Riegelstangenkontakt b in Verbindung mit dem Druckstangenkontakt c an Feld Ee in C soll die Blockung eines Ea-feldes in C verhindern, solange Ee in C nicht geblockt ist. In gleicher Weise sollen b_1 und c_1 an Feld Ee in B die Blockung eines Ea-feldes in B verhindern.

3. Der Druckstangenkontakt d bei Ee (in B) dient zur Unterbrechung der Erdverbindung von Feld A, wenn Ee allein bedient wird. Diese Unterbrechung ist notwendig, weil andernfalls der Blockstrom von Ee in C statt über die Felder 19 und 18 und Erde nur über Feld 19 und dann über L_3 und durch die Felder 9 und 2 nach Erde laufen könnte.

4. Der Druckstangenkontakt e an Feld E in C verhindert, dafs bei der Rückgabe einer unbenutzten Erlaubnis in B (Alleinbedienung von Ee in B) der Blockstrom nach den Feldern Ea_2 und Ea_3 in C laufen kann.

5. Zwischen den Tasten 1 (Ee) und 1/2 (Ee/A) ist, wie bei der Bauart 06, eine Wechseltastensperre anzuordnen, um das gleichzeitige Niederdrücken beider Tasten und damit die Möglichkeit unrechtmäfsiger Entblockung der Erlaubnisabgabefelder in C auszuschliefsen, die gleiche Sperre ist in C zwischen den Tasten 24 und 23/24 erforderlich.

Der vollständige Schaltplan für das Blockwerk B ist in Abb. 4, Taf. 38 der Blockplan in Abb. 5, Taf. 38 dargestellt. In Abb. 4, Taf. 38 ist die Einschaltung eines Signalflügelkontaktes in den Stromweg Induktor, Feld 8, Leitung L 10 durch gestrichelte Linien angegeben.

Die Vorzüge der neuen Bauart zeigen sich besonders bei Strecken mit zwei Streckenblockstellen. Sie bestehen in der Ersparnis von Blockfeldern und Aufsenleitungen, Vereinfachung der Schaltung, Wegfall der (durch die Ea und das E-feld anzutreibenden) Schaltvorrichtung und Wegfall der Zwischenhebel für die Ee-felder. In betrieblicher Hinsicht bietet die neue Bauart den Vorteil, dafs durch das Ab-feld der Station, die Erlaubnis für einen Zug abgegeben hat, dessen Abfahrt sofort kenntlich gemacht wird, die Abgabe der Erlaubnis für einen folgenden Zug also so zeitig erfolgen kann, dafs schnellste Zugfolge ermöglicht wird.

Auch bei Strecken mit nur einer Streckenblockstelle empfiehlt sich die Verwendung nur eines Ee-feldes. Die Zufügung eines Ab-feldes ist zur Ermöglichung schnellster Zugfolge ebenfalls zweckmäfsig. Wird hierauf weniger, dagegen mehr Wert auf Ermäfsigung der Baukosten gelegt, so kann man das Ab-feld fortlassen und wie bisher die Abgabe von Ea_2 erst nach der Entblockung des Endfeldes E zulassen. Der Kopf der Verschlufstafel gestaltet sich dann nach der Abb. 6, Taf. 38. Zur weiteren Vereinfachung der Anlage empfiehlt es sich aber auch hier, auf die Möglichkeit der sofortigen Rückgabe einer nicht zu benutzenden Erlaubnis Ea_2 zu verzichten. Man erspart dann gegen die Bauart von 05 zwei Blockfelder, zwei Aufsenleitungen, die Zwischenhebel und die Umschaltvorrichtung und kommt mit der einfachen Schaltung Abb. 7, Taf. 38 aus. Auch die Wechseltastensperre zwischen Taste 1 und Taste 1/2 fällt weg.

Riffelbildungen an Eisenbahnschienen.

Von Reichsbahnoberrat Dr. **Saller**.

Es gibt mindestens fünf Erklärungsversuche für die Riffelerscheinungen. Die umstrittenste von ihnen ist wohl die, die die Riffelbildung auf den Walzvorgang zurückführen will. Die einen wollen die Riffelbildung mit der Beschaffenheit der Schienenlauffläche, die bei der Herstellung der Schienen im Walzvorgang ungleichartig werde, in Beziehung bringen. Man weist daraufhin, dafs der aus dem Tiefofen kommende Stahlblock im Blockwalzwerk mittels kannelierter Walzen zu einem Halbfabrikat (Vorblock) gestreckt wird, das ein zahnstangenartiges Aussehen erhält und man glaubt, hiervon die oft überraschende Regelmäfsigkeit der Riffeln ableiten zu müssen. Von anderen, namentlich Walztechnikern, wird die Möglichkeit dieser Annahme bestritten.

Bei dieser Lage der Sache mag ein Fall von Bedeutung sein, bei dem der Zusammenhang des Auftretens von Riffeln zwar nicht mit dem Walzen selbst, aber doch mit dem Richten der Schienen unzweideutig festgestellt werden konnte.

Auf der Strecke Limburg—Niederlahnstein wurden beim heurigen Gleisumbau Schienen S 49 von verschiedenen Hüttenwerken durcheinander verlegt. Dabei zeigte sich gleich von vornherein ein ganz eigenartiges Verhalten der Schienen eines bestimmten Hüttenwerkes. Während die anderen Schienen mehr

einen einzigen Laufstreifen längs der Mitte der Schienenkrone zeigten, wiesen die betreffenden Schienen zwei Laufstreifen, beiderseits der Mitte, auf. Eine genauere Untersuchung zeigte, dafs die Lauffläche nicht genügend gerundet (Vorschrift R = 200 m), sondern zu flach war. Der doppelte Laufstreifen war damit und durch das bekannte Vorhandensein des sog. falschen Flansches an den Radlaufflächen erklärt. Aber die betreffenden Schienen zeigten noch eine andere, möglicherweise mit der vorbeschriebenen Eigentümlichkeit zusammenhängende, weit auffälligere Erscheinung, die von allem Anfang an einen Zusammenhang mit dem Walzvorgang vermuten liefs, wenn auch der Nachweis erst nach längeren Forschungen und mehr durch eine zufällige Beobachtung gelang. Die bezeichneten Schienen zeigten unmittelbar nach dem Einlegen Riffelerscheinungen (Abb. 1) und zwar traten diese Riffeln so schnell auf, dafs sie oft schon nach dem ersten Zuge oder nach wenigen Zügen in unzweideutiger Form vorhanden waren. Dabei beschränkten sich die Riffeln in auffälliger Weise nur auf die Schienen des einen Werkes, so dafs man schon auf grofse Entfernung einfach nach dem Vorhandensein dieser klar hervortretenden Riffeln die Herkunft der Schiene angeben konnte. Die Riffeln waren sehr scharf und vollständig gleichmäfsig ausgebildet. Auf 2 m Länge wurden immer $36^3/_4$ Riffeln gemessen, gleichviel wo an der Strecke die Messung vorgenommen wurde. Nur vom Stofs beiderseits je 42 cm setzten die Riffeln aus oder jedenfalls waren sie auf diese Länge immer gleich wieder verwischt. Die Riffeln verschwanden zum Teil bald wieder, namentlich am äufseren Strang von Krümmungen, wo sie offenbar durch den »Schlupf« der Räder bald abgeschliffen wurden. An anderen Stellen hielten bzw. halten sie sich lange.

Man vermutete, dafs die Riffeln auf Torsionsschwingungen der Radsätze zurückzuführen seien. Für einen regelmäfsigen Wagenradsatz bei unabgedrehtem Reifen berechnete Dr. Ing. Geiger, Augsburg, die Torsionseigenschwingungszahl zu 3000/Min., für den bis an die äufserste Grenze abgedrehten Reifen zu 4170/Min. Das hätte bei einem Laufraddurchmesser von 1000 mm und einer Zuggeschwindigkeit von nur 36 km/St., d. h. 10 m in der Sekunde, schon einen Riffelabstand von 0,2 m bei neuen und 0,143 m bei abgedrehten Reifen ergeben. Bei 72 km St. Geschwindigkeit wären die gleichen Werte 0,4 m bei neuen und 0,286 m bei abgedrehten Reifen gewesen. Da der wirkliche Abstand der Riffeln aber nur $\frac{200}{36,75} = 5,45$ cm war, so war ein Zusammenhang der Riffeln mit Torsionseigenschwingungen des Radsatzes nicht anzunehmen.

Die Vermutung, dafs die Riffeln vom Walzverfahren herrührten, lag nahe, aber die Gewifsheit brachte die mehr zufällige Entdeckung, dafs sich die Riffeln genau in gleicher Zahl $36^3/_4$ auf 2 m, auch an den Köpfen der neuen, noch nicht verlegten Schienen des betreffenden Werkes beobachten liefsen, wenn auch die Klarheit der Erscheinung hier durch den Rost stark verwischt war und erst durch etwas Abschaben mit Glasscherben einigermafsen heraustrat. Die Schwierigkeit, hier die Riffeln genau nachzuzählen, führte zu der überraschenden Entdeckung, dafs die Riffeln genau in der gesuchten Form, $36^3/_4$ auf 2 m, sich auch an den beiderseitigen Oberseiten des Schienenfufses der noch nicht eingebauten, neuen Schienen und zwar hier recht deutlich beobachten liefsen (Abb. 2). Damit war für die Walztechniker die Ursache klar; sie konnte nur auf den Richtvorgang, bzw. auf Schwingungen einer Richtrolle der Rollenrichtmaschine im Walzwerk zurückgeführt werden. Damit war es auch erklärt, dafs die Riffeln an den beiden Schienenenden auf ein gewisses Stück ausgesetzt hatten. Hier griffen die Richtrollen noch nicht an.

Das Ergebnis ist offenbar wissenschaftlich nicht unwesentlich. Es ist meines Wissens bisher noch kein gleich deutlicher Nachweis erbracht worden, dafs die Schienen den Keim der Riffeln schon vom Walzwerk mit sich bringen können.

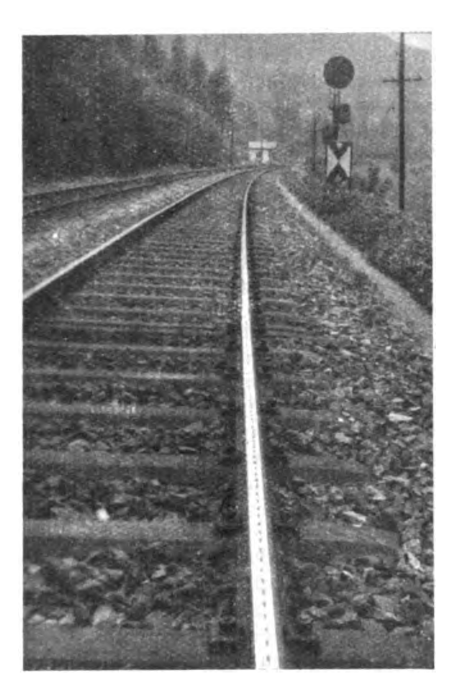


Abb. 1. Riffeln in der verlegten Schiene.

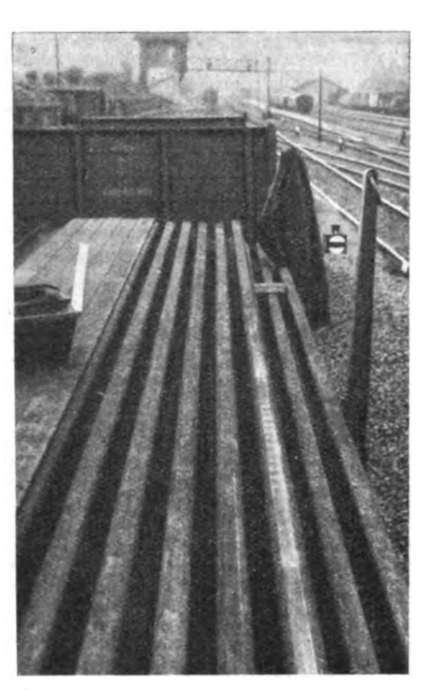


Abb. 2. Riffeln in der neuen, noch nicht verlegten Schiene.

Berichte.

Lokomotiven und Wagen.

Rissebildungen an Wagenachsen.

Im Organ 1925, S. 407, ist an Hand russischer Beobachtungen auf eigenartige, am Nabensitz ringförmig dem ganzen Umfang nach verlaufende Risse an Wagenachsen aufmerksam gemacht worden. Dynamische Beanspruchungen, vor allem infolge von Stöfsen, die vom Schienenstofs herrühren und deren Stärke von der Zuggeschwindigkeit, der Gröfse der Stofslücken und der Schienenüberstände, sowie von der Härte der Wagenfedern abhängt, sind als die mutmafslichen Ursachen angegeben worden, da allein durch ruhende Beanspruchung die Erscheinung nicht erklärt werden kann. Im Organ 1926, S. 34/35 konnte von deutschen Bahnen über ganz ähnliche Fälle berichtet werden.

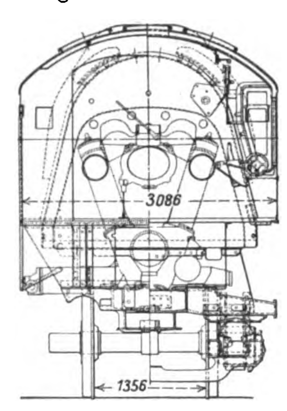
In den Grundzügen der technischen Schwingungslehre von Prof. Dr. Ing. O. Föppl, Berlin 1923, Verlag Springer, S. 109, findet sich unter „Schwingungsfestigkeit und Schwingungsrisse" die Erscheinung an Hand einer bezeichnenden Abbildung als Schwingungsbruch erklärt. Föppl behandelt erst Schwingungsbrüche, die von einer Stelle des Achsumfanges sich halbkreisförmig von einer Stelle nach dem Inneren ausdehnen, wenn die Überanstrengungen sich immer an gleicher Stelle und in gleicher Richtung wiederholen. Wenn dagegen ein Bruch an einer Stelle usw nach mehrjährigem Betrieb auftritt, so sieht der Dauerbruch oft wesentlich anders aus. „Es hat sich oft ein ringförmiger Einrifs gebildet, der rings um den Zapfen herumläuft. Diese Art des Ein-

reifsens kommt durch Stöfse zustande, die an dem Maschinenteil bei besonders ungünstigen Belastungsverhältnissen plötzlich auftreten und bei denen jeweils die Stelle einreifst, die im Augenblick des Stofses gerade die gröfste Belastung auszuhalten hat. Die vielen sich wiederholenden Stöfse, die schliefslich den Bruch herbeiführen, werden je nach der augenblicklichen Zapfenstellung bald die, bald jene Stelle überanstrengen. Die Folge davon ist, dafs der Rifs den ganzen Umfang des Zapfens überzieht.“ Dafs bei den im Eisenbahnbetriebe bestehenden Verhältnissen die Grundbedingungen für das Auftreten solcher ringförmiger Dauerbrüche gegeben sind, leuchtet ohne weiteres ein. Föppl macht noch darauf aufmerksam, dafs derartige Brüche in der Versuchsanstalt künstlich mit dem Kruppschen Dauerschlagwerk, bei dem der Probestab durch Stöfse immer wieder an anderen Stellen des gefährdeten Querschnitts überangestrengt wird, erzielt werden können. Er macht auch auf ein sammetartiges feinkörniges Gefüge des Schwingungsbruchs zum Unterschied von den groben Flächen des Zerreifsbruches aufmerksam.

Dr. Saller.

2 C 2 - h 2 Personenzuglokomotive der New York Central Bahn.

Am 14. Februar d. Js. wurde in Schenectady die erste in Amerika gebaute 2 C 2 - Lokomotive und die zweite überhaupt gebaute Schlepptender-Lokomotive dieser Achsanordnung von der Amerikanischen Lokomotiv-Gesellschaft feierlich an die Bestellerin, die New York Central Bahn, abgeliefert. Die erste und bisher einzige Lokomotive dieser Bauart war die bekannte im Jahr 1911 in nur zwei Stück für die französische Nordbahn gebaute Versuchslokomotive mit Wasserrohrkessel, deren Hauptabmessungen des Vergleichs halber weiter unten mit den Abmessungen der neuen amerikanischen Lokomotive zusammengestellt sind. Die neue Lokomotivbauart hat in Amerika den Namen „Hudson-Type“ erhalten, trotzdem die Lokomotive der Nordbahn seiner Zeit in Anlehnung an die üblichen amerikanischen Bezeichnungen in Europa schon als Baltic-Type bezeichnet wurde. Man scheint demnach in Amerika den früheren Eingriff der alten Welt in die amerikanische Namengebung gar nicht anzuerkennen.

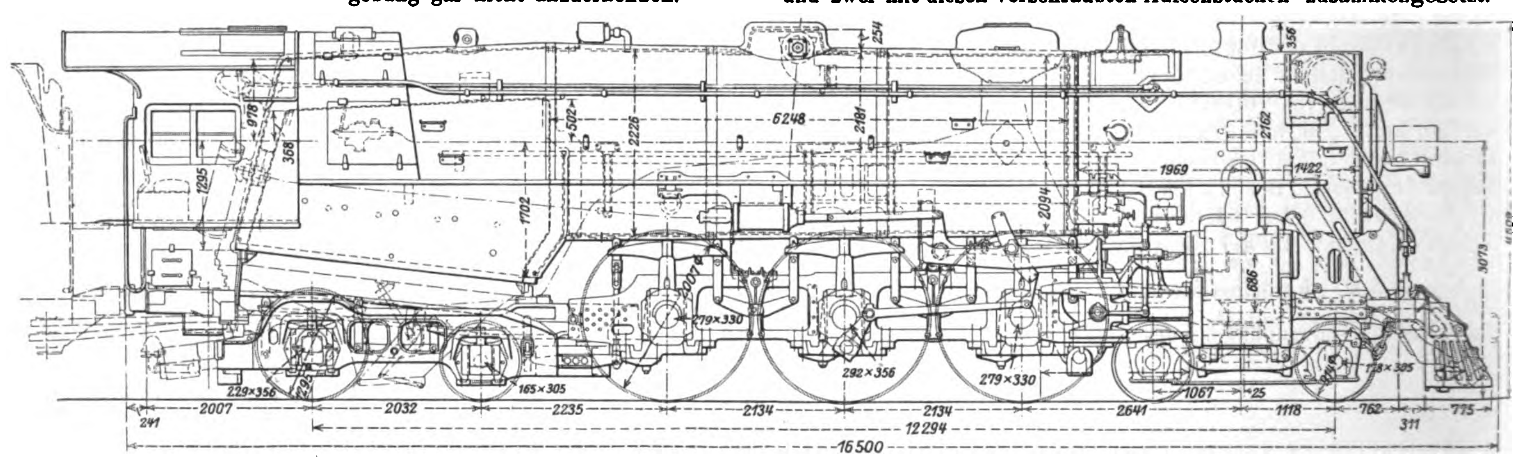


theoretische Untersuchungen einfach zu verallgemeinern. Es kann tatsächlich bezweifelt werden, ob die immer mehr ins Mafslose gehende Vergröfserung der Feuerbüchse zur „Hochleistungsfeuerbüchse“ selbst bei den vierfach gekuppelten Lokomotiven nicht allmählich über das Erforderliche hinausgeht. Vor allem ist dies der Fall bei den Zweizylinderlokomotiven, wo bei den z. Zt. noch üblichen Kesseldrücken die Zylinder gar nicht mehr die entsprechenden Abmessungen erhalten können, so dafs — besonders bei einer ausgesprochenen Schnellzugslokomotive — nur noch ein unwirtschaftliches Fahren mit grofsen Füllungen möglich ist.

Nach den Angaben der Baufirma soll die neue Lokomotive eine gröfste Zugkraft von 24 000 kg entwickeln; davon entfallen rund 5000 kg auf die Hilfsmaschine, den „Booster“, die an der Hinterachse des Schleppgestells eingebaut ist. Das zweiachsige Schleppgestell ist mit den drei Kuppelachsen in ähnlicher Weise wie das bisherige einachsige Delta-Schleppgestell durch Ausgleichhebel verbunden; die Lokomotive ist also in vier Punkten gelagert. Im übrigen soll überhaupt mehr Rücksicht auf gleichmäfsige Achsbelastung genommen worden sein als bisher; auch das Gewicht der hin- und hergehenden Massen ist möglichst niedrig gehalten, um den Oberbau zu schonen.

Der Kessel bietet neben seiner Gröfse nicht viel besonderes. Der Stehkessel zeigt die übliche amerikanische Form, eine Verbrennungskammer ist bei der gewählten Achsanordnung naturgemäfs nicht erforderlich. Merkwürdigerweise ist die Stehkesselvorderwand unten nach hinten abgekröpft, ohne dafs für eine solche, im allgemeinen doch nur als Notbehelf zu betrachtende Ausführung ein sichtbarer Grund vorliegt. Der Kleinrohrüberhitzer besteht aus 182 Überhitzerschlangen; die sonst im Führerhaus befindlichen Kesselausrüstungsteile — Armaturstutzen, Strahlpumpen u. ähnl. — sind unter einer besonderen Verkleidung vor demselben untergebracht. Der Ventilregler sitzt am Überhitzerkasten und ist leicht zugänglich, weil der darüber liegende Teil der Rauchkammerdecke als Deckel ausgebildet ist. Der Elesco-Vorwärmer — entsprechend etwa der Knorrschen Bauart — ist wie bei den Einheitslokomotiven der Deutschen Reichsbahn vorn in der Rauchkammer querliegend eingebaut. Die früher übliche Bauart, bei welcher der Vorwärmer vorn über der in Amerika ja verhältnismäfsig kleinen Rauchkammertür lag, ist also, und zwar wegen des schlechten Aussehens, verlassen worden. Auch sonst ist mehr Wert auf das Äufsere gelegt worden als bisher; vor allem sind die Rohrleitungen sorgfältiger verlegt. Die Luft- und Wasserpumpe sitzen rechts und links oberhalb der vordersten Laufachse.

Die Rahmenwangen sind in üblicher Weise aus einem Mittelstück und zwei mit diesen verschraubten Aufsenstücken zusammengesetzt.



2 C 2 - h 2 Personenzuglokomotive der New York Central Bahn.

Die neue „Hudson-Typ“-Lokomotive, als Weiterentwicklung der 2 C 1 - Lokomotive, stellt an sich keine Besonderheit mehr vor, nachdem die Lima-Werke im vergangenen Jahr schon eine ganze Reihe von 1 D 2 - Lokomotiven gebaut haben und auch schon eine 2 D 2 - Lokomotive läuft. Andererseits sind aber bei der dreifach gekuppelten Lokomotive die Verhältnisse insofern anders, als hier wahrscheinlich bei den in Amerika üblichen Schleppachsdrücken für die Unterbringung einer angemessenen Feuerbüchse eine einzige Schleppachse für alle Fälle ausgereicht hätte. Man scheint aber in Amerika leicht geneigt zu sein, jede Neuerung, die sich irgendwo bewährt zu haben scheint, ohne Nachprüfung und ohne tiefschürfende

Die Zylinder sind aus Stahlgufs; sie haben Heusinger-Steuerung. An besonderen Einrichtungen ist vor allem die Einrichtung für selbsttätige Zugbeeinflussung zu erwähnen.

Die Lokomotive wurde in aufserordentlich kurzer Zeit fertiggestellt. Am 28. Januar wurde der Kessel, am 1. Februar die Hauptrahmen und am 2. Februar die Zylinder in die Richthalle geliefert. Am 8. Februar machte die zusammengebaute Lokomotive schon ihre Versuchsfahrt und am 9. Februar wurde sie vollends fertiggestellt und lackiert. Die New York Central Bahn will zunächst ausgedehnte Versuchsfahrten mit der neuen Lokomotive vornehmen, später soll sie die am raschesten fahrenden Exprefszüge,

den „Twentieth Century Limited“, den „Empire State Expreſs“, den „Detroiter“ u. ähnl. befördern.

Die Hauptabmessungen der Lokomotive, verglichen mit denen der Nordbahn-Lokomotive, sind:

	2C2-h2 Lokom. der New York Central Bahn	2C2-h4V Lokomotive der Franz. Nordbahn	
Kesselüberdruck p	15,8	16,0	at
Zylinderdurchmesser Hochdruck d	2 × 635	2 × 440	mm
„ Niederdruck d_1	—	2 × 620	„
Kolbenhub h	711	640/730	„
Kesselmitte über Schienenoberkante	3073	—	„
Kesseldurchmesser, gröſster auſsen	2226	—	„
Feuerbüchse: Länge × Weite	3302 × 2292	—	„
Heizrohre: Anzahl	19 und 37	34 und 97	Stck.
„ Durchmesser	89 und 57	50/55 und 60/65	mm
Rauchrohre: Anzahl	182	27	Stck.
„ Durchmesser	89	125/133	mm
Rohrlänge	6248	6000	„
Heizfläche der Feuerbüchse (mit Tragrohren)	26,8	19,1	m²
Heizfläche der Rohre	390,2	296,6	„
„ des Überhitzers	182,0	70,0	„
„ — im ganzen — H	599,0	385,7	„
Rostfläche R	7,6	4,28	„
Durchmesser der Treibräder D	2007	2040	mm
„ „ Laufräder, vorn	914	—	„
„ „ „ hinten	vorn 914, hinten 1295	—	„
Achsstand der Kugelachsen (fester Achsstand)	4268	4300	„
Achsstand des vorderen/hinteren Drehgestells	2185/2032	—	„
Ganzer Achsstand der Lokomotive	12294	12600	„
Ganzer Achsstand der Lokomotive einschl. Tender	23203	—	„
Reibungsgewicht G_1	82,0	54,0	t
Dienstgewicht der Lokomotive G	156,0	102,0	„
Belastung des vorderen/hinteren Drehgestells	29/45	24/24	„
Dienstgewicht des Tenders	94,5	—	„
Vorrat an Wasser	37,9	—	m³
„ „ Brennstoff	16,5	—	t
H : R	78,5	90,0	—
H : G	3,83	3,8	m²/t
H : G_1	7,3	7,15	„

(Railway Age 1927, 1. Halbj., Nr. 8.) R. D.

Der Wagenpark der Internationalen Schlafwagengesellschaft.

Am 4. Dezember 1876 als Fortsetzung eines älteren Unternehmens gegründet, konnte die Compagnie Internationale des Wagons-Lit et des Grands Express Européens Ende 1926 auf ein fünfzigjähriges Bestehen zurückblicken. Aus diesem Anlaſs hat sie eine Festschrift erscheinen lassen, die neben einer Entwicklungsgeschichte des Verkehrs, der von der Gesellschaft bedient wird, auch eine Schilderung ihres Wagenparks enthält. Ihr erster Wagen, so wird darin berichtet, war etwa 9 m lang und wog bei 12 Plätzen 14 t. Die Regelform ihrer heutigen Schlafwagen ist 23,45 m lang, wiegt 56 t, also 6,2 mal soviel wie jener, hat aber nur vier Plätze mehr. Zwischen beiden liegt ein gewaltiges Stück Geschichte des Eisenbahnwesens, insbesondere des Eisenbahnwagenbaus, an dessen Entwicklung die Schlafwagengesellschaft verdienstvollen Anteil hat. Besonders bemerkenswert ist die groſse Zunahme des auf einen Reisenden entfallenden Raumes und Gewichts, ein Maſsstab für die Bequemlichkeit, die dem Fahrgast damals geboten wurde und ihm heute geboten wird.

Der Schlafwagen der siebenziger Jahre hatte drei Achsen, drei Abteile mit Seitentüren, die durch einen Längsgang miteinander in Verbindung standen. In jedem Abteil standen zwei Lehnstühle, die nachts zu einem Bett zusammengeschoben wurden. Das obere Bett wurde durch Niederklappen der Liegefläche geschaffen, ein Beispiel dafür, daſs die erste Lösung einer Aufgabe die richtige gewesen ist.

Die Schlafwagengesellschaft nimmt für sich den Ruhm in Anspruch, das Drehgestell in Europa eingeführt zu haben. Von 1883 an wurden ihre Wagen mit Drehgestellen gebaut. Sie enthielten drei Abteile zu vier Plätzen und vier Abteile zu zwei Plätzen. Ein Gang lief durch die ganze Länge des Wagens. Gleichzeitig mit diesen Wagen wurden die ersten Speisewagen in den Betriebsmittelpark der Gesellschaft eingestellt. Sie waren allerdings nur geliehen und wurden so eingerichtet, daſs die Reisenden darin Mahlzeiten aus Körben verzehren konnten. Eine Küche hatten sie noch nicht; deren Einbau war der nächste, bald gemachte Fortschritt. Diese Speisewagen hatten immer noch drei Achsen, es konnte aber nicht ausbleiben, daſs man alsbald auch Speisewagen auf Drehgestellen baute. Sie hatten neben einer Küche und einem Dienstraum zwei Speiseräume zu 12 und 24 Plätzen.

Die Zunahme des Verkehrs von Zügen der Schlafwagengesellschaft in den neunziger Jahren gab Anlaſs zum Bau neuer Wagen, Schlafwagen mit 18 und Speisewagen mit 42 Plätzen. Dazu kamen noch Packwagen, ebenfalls auf Drehgestellen, mit Innenräumen für Gepäck, Vorräte und Postgut.

Besondere Wagen wurden für Ruſsland und Ägypten gebaut, erstere mit Vorrichtung zum Schutz gegen Kälte, letztere dagegen mit Wärmeschutz.

Jede neue Bauart der Wagen wies Verbesserungen gegen die vorhergehende auf. So ging man von 1894 bis 1914 von der Beleuchtung mit Rüböl zur Gasbeleuchtung über, und diese wiederum wurde durch elektrisches Licht verdrängt. Die Schlafabteile mit vier Plätzen wurden abgeschafft. Die Zahl der Waschräume wurde so vermehrt, daſs auf je vier Reisende ein solcher Raum entfiel. Die Länge der Wagen nahm bis zu 23,45 m, über die Puffer gemessen, zu; damit hatte sie ein Maſs erreicht, das alle anderen Eisenbahnwagen übertraf.

Der Krieg zwang zunächst zur Einstellung des Betriebs der Schlafwagengesellschaft, schon im November wurde er aber in Frankreich und bald danach in Italien in beschränktem Umfang wieder aufgenommen, und nach dem Kriege machte die Gesellschaft lebhafte Anstrengungen, um ihren alten Verkehr wieder auf- und weiter auszubauen. Eine Neuerung waren dabei die Ganzmetall-Schlafwagen, die von 1922 an eingeführt wurden. Die Länge von 23,45 m wurde beibehalten. Die Drehgestelle haben einen Zapfenabstand von 16 m. Während zum Bau der älteren Drehgestelle auch Holz verwendet wurde, sind die neueren natürlich ganz aus Eisen. Auf einen Radstand von 2,5 m ist ein solcher von 3 m gefolgt. Die neuesten, nach einem Entwurf der Schlafwagengesellschaft in Amerika gebauten Drehgestelle haben einen in einem Stück gegossenen Stahlrahmen von groſser Steifigkeit.

Der Aufbau wird von einem Mittelträger in Kastenform, der aus Blechen und Winkeleisen zusammengesetzt ist, getragen; er stützt sich an den Enden gegen ein Guſsstück aus Stahl; so sind die Kopfschwellen, die den Drehzapfen aufnehmende Querschwelle, die Längsträger und die Stoſsvorrichtungen zu einem Stück verbunden. Der Aufbau besteht aus sehr steifen Fachwerks-Längsträgern, die im unteren Teil mit 4 mm starken Blechen verkleidet sind; im oberen Teil bilden die Bleche zugleich die Rahmen der Fenster. Das Dach aus dünnem Blech wird von gekrümmten Winkeleisen getragen. Es ist ebenso wie die Auſsenwand mit einer wärmeschützenden Schicht bekleidet. Die Zugvorrichtungen sind für eine Beanspruchung mit 70 t entworfen.

Auf eine geschmackvolle Innenausstattung ist besonderer Wert gelegt. Die Wagen enthalten acht Abteile zu einem Platz und vier Abteile zu zwei Plätzen. Die Einzelabteile enthalten Waschvorrichtungen; zwischen je zwei ist noch ein besonderer Waschraum eingebaut. Diese Wagen verkehren im sogenannten „Train bleu“, der Calais und damit England mit der Riviera verbindet.

Im Sommer 1925 beginnend wurden auch Ganzmetall-Speisewagen in den Betriebsmittelpark der Schlafwagengesellschaft eingestellt, und zwar solche mit 42 und 56 Plätzen. Der Zunahme dieser Zahl entsprechend, muſste auch die Küche vergröſsert werden, die in den neueren Wagen ein Ausmaſs von 7 m² hat. Die Schränke, zum Teil mit Eiskühlung, können Vorräte für mehrere hundert Mahlzeiten aufnehmen.

Die neueste Leistung der Schlafwagengesellschaft auf dem Gebiete des Wagenbaus sind die Pullmanwagen, die den Reisenden am Tage solche Bequemlichkeiten bieten sollen, wie es die Schlafwagen in der Nacht tun. Man braucht nicht mehr zur Einnahme der Mahlzeiten in den Speisewagen zu gehen, sondern das Essen wird den Reisenden, die auf Lehnstühlen sitzen und einen Tisch vor sich haben, an ihren Platz gebracht. Je zwei Wagen bilden eine Einheit; einer von ihnen enthält die Küche, von der aus beide Wagen bedient werden. Solche Wagen laufen bis jetzt im Süd-Exprefs und im „Flèche d'Or“ (Paris-Calais). In dem Wagen mit Küche für den Süd-Exprefs bleibt noch Raum für 18 Plätze, von denen 12 im Hauptraum untergebracht sind; aufserdem sind zwei kleine Abteile mit vier und zwei Plätzen vorgesehen. Im Flèche d'Or ist die Einteilung etwas anders; 24 Plätze sind hier auf zwei grofse Räume mit acht und zwölf Plätzen und ein Abteil mit vier Plätzen verteilt. Ebenso bestehen kleine Unterschiede in Wagen ohne Küche, die in dem einen Zug 24, im anderen 32 Plätze haben.

Die Schlafwagengesellschaft sorgt nicht nur für die Reisenden 1. Klasse. Schon früher hat sie in Polen, in der Tschechoslowakei, in Dänemark und in den Randstaaten des ehemaligen russischen Reichs Schlafwagen 2. und 3. Klasse verkehren lassen, und neuerdings werden auch Pullmanwagen 2. Klasse gebaut. Die Lehnstühle sind in ihnen durch Polsterbänke ersetzt. Auch bei ihnen bilden je zwei Wagen eine Einheit, die 89 Plätze hat.

Die Unterhaltung ihrer Wagen hatte die Schlafwagengesellschaft zunächst den Eisenbahngesellschaften überlassen, mit denen sie im Vertragsverhältnis stand. Grofse Instandsetzungen wurden in den Wagenbauanstalten ausgeführt. Man erkannte aber bald, dafs es vorteilhafter wäre, diese Arbeiten selbst in die Hand zu nehmen, und so wurden dann, 1881 beginnend, Werkstätten in Saint-Ouen bei Paris, in Marly-les-Valenciennes, in Rom und in Irun errichtet. 1892 gründete die Schlafwagengesellschaft die Compagnie Générale de Construction in Saint-Denis und überwies ihr die Werkstatt Marly, in der dann neben Instandsetzungsarbeiten auch Neubauten vorgenommen wurden. Die Werkstätten arbeiteten so vorteilhaft, dafs der Werkstättendienst der Schlafwagengesellschaft in der Folgezeit weiter ausgebaut wurde. 1898 wurde die Werkstatt Slykens bei Ostende, 1902 Zossen errichtet, 1903 Wien. In den dem Krieg vorangehenden Jahren folgten für die Anforderungen des in Frankreich stark zunehmenden Luxus- und Schlafwagenzugverkehrs die grofse Werkstätte St. Denis, später Mailand und infolge der Ausdehnung des Balkanverkehrs Budapest.

Die Änderungen, die die Nachkriegszeit im Lauf der Schlafwagen- und Luxuszüge mit sich brachte, gab auch Anlafs zu Umstellungen im Werkstättendienst. Neue Anlagen zur Unterhaltung wurden in Prag, Bukarest und Warschau geschaffen. Die Ausdehnung des französischen Verkehrs führte zum Bau einer neuzeitlichen Werkstatt in Villeneuve-Saint-Georges bei Paris, bestehend aus einer Haupthalle von 250 m Länge mit acht Gleisen, einer Wäschereinigungsanstalt für 12000 Stück Tagesleistung, mit grofsen Vorratsräumen und Werkstätten, und einer Halle für die regelmäfsige Durchsicht der Wagen, in der der Dienst so eingerichtet ist, dafs früh eintreffende Wagen schon abends wieder ausfahren können.

Im ganzen besitzt die Schlafwagengesellschaft 13 im Betrieb befindliche Werkstätten mit 219 Arbeitsplätzen unter Dach. Die Belegschaft umfafst 2400 Köpfe. Aufserdem werden für kleinere Instandsetzungsarbeiten an den im Betrieb befindlichen Wagen, die auf den Bahnhöfen und in den Abstellgleisen ausgeführt werden, noch 300 Arbeiter beschäftigt.

Die Zahl der Fahrzeuge der Schlafwagengesellschaft übersteigt 2000. Von diesen sind 255 ältere auf neu umgebaut worden, und bei einer gleichen Zahl ist ein solcher Umbau im Gange. Andere sind vollständig erneuert worden. 330 Wagen neuester Bauart sind bereits geliefert, und weitere 242 sind im Bau. Wernekke.

Betrieb in technischer Beziehung. Signalwesen.

Lichtsignale auf französischen Bahnen.

Die Lichtsignalgebung bei Tag und Nacht wird in Frankreich auf verschiedenen Bahnlinien in der Nähe von Paris seit einigen Jahren mit Erfolg durchgeführt. Es ist gelungen, diese Art der Signalgebung dadurch wirtschaftlich zu gestalten, dafs als Lichtquelle elektrische Lampen mit verstärkter Lichtwirkung verwendet werden. Das System besteht in der Hauptsache aus zwei gezahnten, hintereinander liegenden Linsen, deren Gesamtstärke in der Mitte und am Rande annähernd gleich ist. (Abb. 1.)

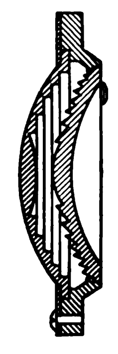


Abb. 1. Schnitt durch ein optisches System mit zwei gezahnten Linsen.

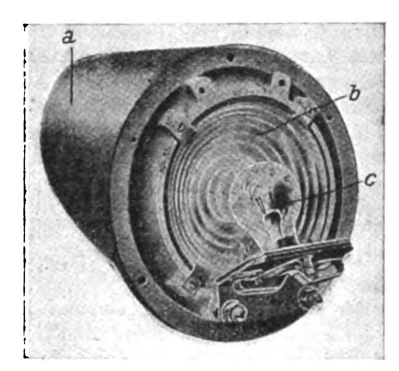


Abb. 2. Tageslichtsignal. Ansicht von rückwärts. a) Blende, b) Linsensystem, c) Anordnung der Beleuchtungskörper.

Durch Anwendung dieses Systems werden gute, farbige Signalbilder erzielt. Die Lichtstrahlen, die in der Nähe der Brennpunktachse austreten, werden nur schwach absorbiert. Bei sehr klarem Wetter sind die Signalbilder am Tage auf mehr als 600 m einwandfrei sichtbar. Die Lichtsignale können, eine zuverlässige elektrische Stromquelle vorausgesetzt, überall die mechanischen ersetzen.

Zur Verwendung gelangen Lampen von 16 Watt bei nur 8 Volt Spannung mit 2 parallel geschalteten Fäden, so dafs beim Bruch eines Fadens der andere noch Licht gibt. Das Brennen der Lampen wird von der Signalbedienungsstelle durch Kontrollampen überwacht. Diese erlöschen, wenn die Lichtstärke auf die Hälfte der vorgeschriebenen herabsinkt (z. B. beim Auslöschen einer der beiden Signallampen). Zum Abhalten der Sonnenbestrahlung sind Blenden angebracht. Die Art der Ausführung der Lichtsignale ist aus Abb. 2 ersichtlich. Jedes Signal wird bei Tag und Nacht dem Führer durch eine Nummer gekennzeichnet, die durch eine Petroleumlampe („Positionslampe“) beleuchtet wird. Die Brenndauer dieser Lampen beträgt mehrere Tage. Die Vorteile der Lichtsignalgebung gegenüber der mechanischen sind folgende:

1. Sie sind Störungen weniger ausgesetzt.
2. Die Signalbilder sind immer eindeutig.
3. Bei Nebel sind sie aus dreimal so grofser Entfernung sichtbar.
4. Mehrere Signale können auf einen gemeinsamen Mast angebracht werden.
5. Die Unterhaltungskosten sind geringer.

(Bulletin, Februar 1927.) Scherer.

Buchbesprechungen.

Archiv für Eisenhüttenwesen. Der Verein Deutscher Eisenhüttenleute gibt im Verlag „Stahleisen“ Düsseldorf seit Juli dieses Jahres ein monatlich erscheinendes Archiv für das Eisenhüttenwesen heraus.

Es ist dazu bestimmt, die wertvollen Ergebnisse der Gemeinschaftsarbeit der Fachausschüsse einschliefslich der Wärmestelle des Vereins, die bisher den Werken und der breiteren Öffentlichkeit nur in Form von einzelnen Berichten zugänglich gemacht wurde, in zusammengefafster Form und in regelmäfsiger Folge zu bringen, während die Zeitschrift „Stahl und Eisen“ die grofsen Linien der allgemeinen Entwicklung des gesamten Eisenhüttenwesens behandeln soll. Bemerkenswert ist die äufsere Form der neuen Zeitschrift: Die einzelnen Fachberichte sind für sich geheftet und beginnen jeweils auf der rechten Seite. Dadurch ist es möglich die Hefte auseinanderzunehmen und die einzelnen Berichte nach Fachgruppen geordnet für sich aufzubewahren. Das neue Archiv stellt jedenfalls zusammen mit der Zeitschrift „Stahl und Eisen“ die Quintessenz des Wissens und Forschens auf dem Gebiet des Eisenhüttenwesens dar.

Für die Schriftleitung verantwortlich: Reichsbahnoberrat Dr. Ing. H. Uebelacker in Nürnberg. — C. W. Kreidel's Verlag in München.
Druck von Carl Ritter, G. m. b. H. in Wiesbaden.



Zum Aufsatz: St

Abb. 1.

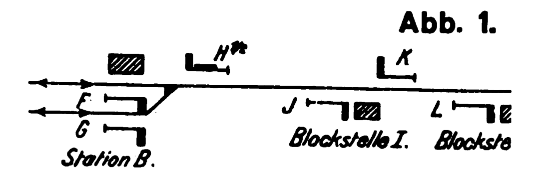
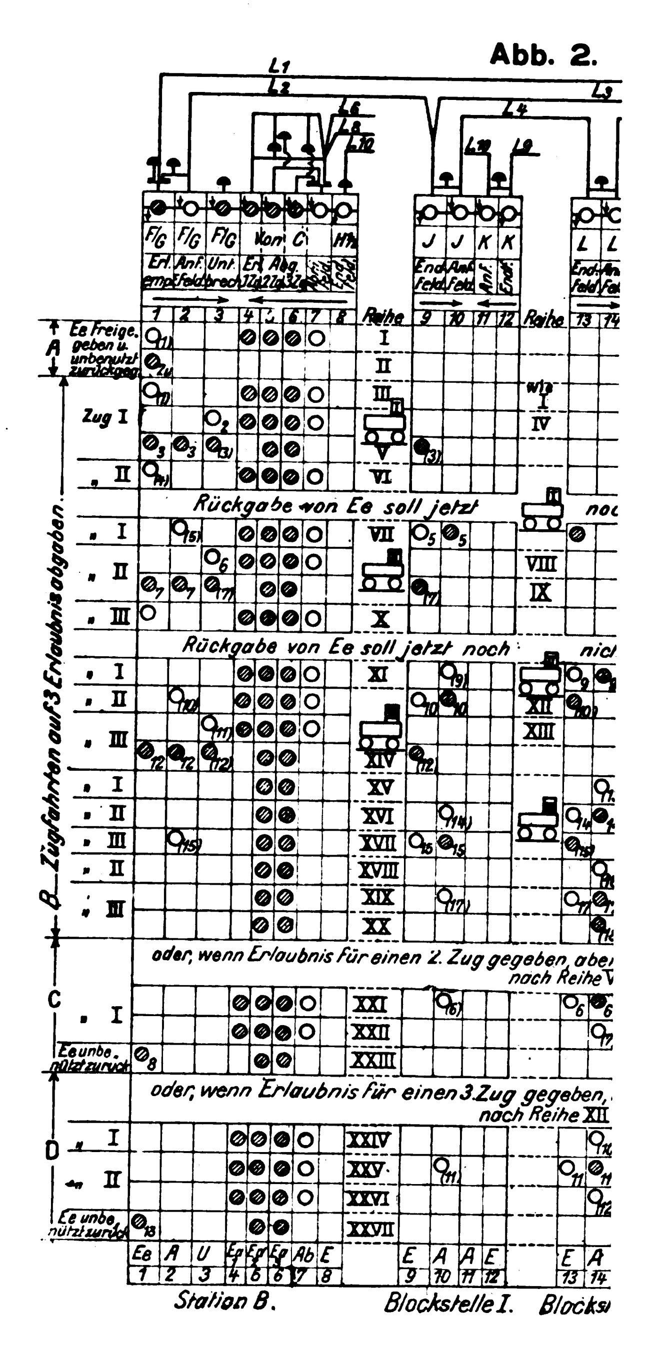


Abb. 2.



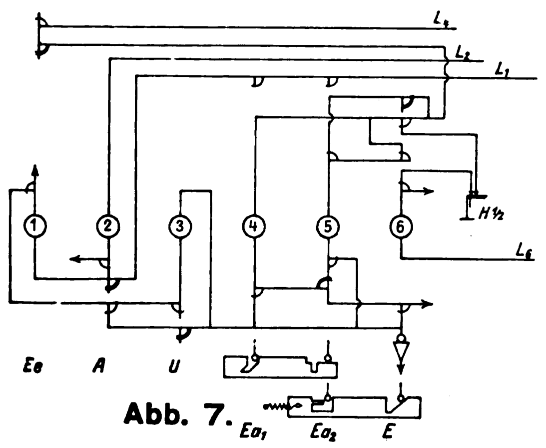


Abb. 7.

Lith. Anst. v. F. Wirtz; Darmstadt.

1927
82. Jahrgang.

Heft 21
15. November

ORGAN
FÜR DIE
FORTSCHRITTE DES EISENBAHNWESENS

TECHNISCHES FACHBLATT
DES VEREINS DEUTSCHER
EISENBAHNVERWALTUNGEN



HERAUSGEGEBEN VON
DR. ING. H. UEBELACKER
C. W. KREIDEL'S VERLAG · MÜNCHEN

Inhaltsverzeichnis:

Verlegen des Reichsoberbaues mit Füllkästen nach dem Hannoverschen Verfahren. Blohme. 399.
Prefsluftbydraulisches Aufgleisgerät. Gaedicke. 405. — Taf. 39.
Die Weichenentwicklung der Einfahrgleise an den Ablaufbergen der Verschiebebahnhöfe. Dr. Ing. A. Baumann. 406.
Ein Beitrag zur Verwendung der autogenen Schmelzschweifsung im Bahnerhaltungsdienste. Adolf Geiringer. 408.
Beseitigung des Prämiensystems in den Ausbesserungswerkstätten der kanadischen Eisenbahn. 410.
Neues Schneidwerkzeug für Hilfszüge. 410.
Eine neue bolivianische Eisenbahnverbindung. 411.
Die Still-Lokomotive von E. Kitson-Clark. 411.
Neuerungen im mechanischen Aufbau elektrischer Schnellzuglokomotiven. 413.
Versuche der dänischen Staatsbahnen mit Wärmeisolationsmitteln. 414.

Besprechungen:

Tolkmitt, Bauaufsicht und Bauführung. 414.
The British Steam Railway Locomotive 1825—1925. 414.
Zähigkeitsmessungen an Flüssigkeiten und Untersuchungen von Viskosimetern. 414.
Industrielle Unfallverhütung auf der Grundlage der wissenschaftlichen Betriebsführung. 414.



Organ für die Fortschritte des Eisenbahnwesens

Technisches Fachblatt des Vereins Deutscher Eisenbahn-Verwaltungen

Schriftleitung: Dr. Ing. H. Uebelacker, Nürnberg, unter Mitwirkung von Dr. Ing. A. E. Bloss, Dresden.

82. Jahrgang | 15. November 1927 | Heft 21

Verlegen des Reichsoberbaues mit Füllkästen nach dem Hannoverschen Verfahren.

Von Oberbahnmeister **Blohme**, Hannover.

Bei der Abwicklung des steigenden Eisenbahnverkehrs und der Erhöhung der Achslasten und Fahrgeschwindigkeiten ist man bestrebt, für die Erneuerung der Gleisstränge den Verkehr an möglichst wenig Stellen zu gleicher Zeit zu unterbrechen und das neu verlegte Gleis gegen die schweren Achsdrücke von Anfang an gleich so weit zu unterstützen, dafs langsame Fahrt an der Umbaustrecke nicht mehr nötig ist. Auch darf das neue Gleis keinen Schaden durch das Befahren erleiden. Um dies zu erreichen, müssen die Schwellenhohlräume vor dem ersten Befahren voll und fest mit Schotter angefüllt sein. Beim Reichsoberbau B 49 mit den 100 mm hohen Schwellen war namentlich an den breiten Stofsschwellen ein seitliches Vollstopfen der Schwellen vor dem ersten Befahren ausgeschlossen. Die Direktion Oldenburg hatte seit 1915 versucht, den Schotterkörper, der im Hohlraum der Schwelle sitzt, vor dem Verlegen der Schwelle in Brettformen, die auf die eingeebnete Bettung gelegt wurden, einzustampfen und die Schwellen

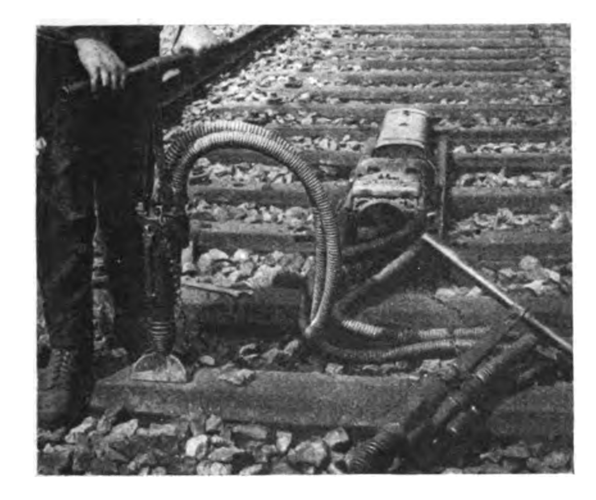


Abb. 1. Zum Stampfen umgebaute Kruppsche Gleisstopfmaschine.

auf diesen gestampften Körper, nach Abnahme der Brettform, deckend aufzulegen. Diese Art der Stampfung hatte aber den Nachteil, dafs die Höhen- und Seitenrichtung des verlegten Gleises nicht zwangsläufig festgelegt war. Auch war die Brettform dem Hohlraum der Schwelle nicht genau angepafst. Die Stampfung des Schotters erfolgte mit Handstampfern. Das »Hannoversche Verfahren«, das im Nachstehenden näher beschrieben wird, ist in der Idee dem Oldenburger angelehnt. Die Stampflehren (Füllkästen) werden nicht auf die eingeebnete Bettung gelegt, sondern auf Schienen gehängt, die in Richtung und Höhe seitlich auf verstellbare Unterlagen genau ausgerichtet sind. Anstatt der Handstampfung wird mit Maschinen gestampft, nachdem festgestellt wurde, dafs die Handstampfung ungleichmäfsig wurde, weil die Arbeiter beim Stampfen erschlafften. Als Stampfmaschine ist die Kruppsche Gleisstopfmaschine hergerichtet (s. Abb. 1). Der erste Versuch mit dieser Maschine wurde auf der Strecke Hannover—Bremen gelegentlich einer Arbeitsausführung nach dem Handstampfverfahren ausgeführt. Es stellte sich heraus, dafs die mit der Maschine gestampften Schwellenlager sich wenig oder gar nicht setzten, während die mit der Hand gestampften Schwellen sich ungleichmäfsig bis 2 cm und mehr setzten. Die Folge davon war, dafs die mit Maschine gestampften Schwellen im Gleis einen Buckel bildeten, da sich die maschinell gestampften Schwellen unmerklich setzten. Diese Buckel mufsten wieder ausgeglichen werden. Als Füllkästen sind statt der hölzernen eiserne eingeführt worden. Ebenfalls sind die hölzernen Unterlagen der Lehrschienen durch nach oben und seitlich verstellbare eiserne Richtböcke ersetzt worden, wodurch die Schablonen zum Einrichten der Holzklötze fortfallen (siehe Abb. 2). Bei Hindernissen an Bahnsteigen usw. werden Holzlehrschienen verlegt, die schnell abzuschneiden oder auszuparen sind (s. Abb. 5).



Abb. 2. Richtbock nach oben und seitlich verstellbar.

Der Füllkasten ist so ausgebildet, dafs die Schwelle zunächst hauptsächlich am Schienenauflager aufliegt, damit sie hier auf jeden Fall gut gefüllt wird. Der Hohlraum des eisernen Füllkastens entspricht im übrigen dem Hohlraum der Schwelle. Das zunehmende Setzen des Gleises mufs in den ersten Tagen des Umbaues genau an Höhenpfählen beobachtet werden, damit danach die Höhenlage der neuen Schienen vor dem Umbau für das Ausrichten der Lehrschienen beim Weiterbau berücksichtigt werden kann. Es empfiehlt sich, das Sackmafs zunächst nicht zu grofs zu nehmen, damit das neue Gleis nicht zu hoch liegt. Bei Maschinenstampfung genügen meistens 5 mm. Ist der Rahmen vollgestampft, dann heben ihn zwei Mann sorgfältig ab und legen ihn für die nächste Schwelle zurecht. Weitere zwei Mann holen die Schwelle und legen sie vorsichtig auf das festgestampfte Schwellenlager auf, um sie dann mit leichten Stöfsen noch fester zu lagern. Dabei dürfen die Schwellen in der Nähe der Lochung keine Stöfse erhalten, um nicht Anrisse zu fördern. Wenn die Schwellen für eine Umbaulänge verlegt sind, werden die Schienen aufgesetzt und verschraubt. Damit ist das Gleis bei sachgemäfser Arbeit fertig zum Befahren und bedarf nur gelegentlicher Nachhilfe mit der Stopfhacke, falls das Stampfen bei einzelnen Schwellen nachlässig ausgeführt war oder die Bettung ungleichmäfsig fest ist. Umgebaut wird hier in Pausen von 30 Minuten und mehr. Die Höchstleistung betrug mit 87 Mann in einer achtstündigen Zugpause 750 m. Im vorigen Jahre wurden von der Umbaukolonne vom 19. Februar bis 30. November 52 km Gleis und 50 einfache Weichen umgebaut. In diesem Jahre wurde vom 7. März bis 30. Mai 20 km Gleis, zehn einfache Weichen und zwei Gleisverbindungen

bei 3,80 m Gleisabstand eingebaut. Im nachstehenden soll dieses Umbauverfahren näher erläutert werden.

a) Vorbereitung zum Umbau.

Soll eine Gleisstrecke nach dem Hannoverschen Verfahren mit Reichsoberbau auf Eisenschwellen umgebaut werden, dann sind vor der Umbaupause wie bei jeder Gleisunterbrechung die Vorbereitungen so zu treffen, dafs alle Arbeiten, die vorher gemacht werden können, auf das sorgfältigste ausgeführt werden. Zunächst sind vor dem Umbau sämtliche Schrauben im auszubauenden Gleis einzuölen und gangbar zu machen. Die einzubauenden Stoffe sind zu verteilen und so zu lagern, dafs sie beim Herausnehmen der Bettung und der alten Gleisstoffe nicht im Wege liegen oder verschmutzt werden. Um die richtige Lage und Höhe der Schwellen unbedingt sicherzustellen, müssen die Richtböcke, auf denen die einzubauenden Schienen als Lehren (Lehrschienen) beiderseits des bestehenden Gleises aufgelegt werden, sauber nach Höhen und Seitenrichtung verlegt werden.

b) Umbau.

Im Reichsbahndirektionsbezirk Hannover wird der Reichsoberbau auf Eisenschwellen mit einer Kolonne von 100 bis



Abb. 3. Verlegen der Richtböcke.

120 Mann, die in einem Wohnzug untergebracht wird, ausgeführt. Als technischer Leiter dieser Kolonne ist ein Oberbahnmeister oder Bauinspektor bestellt, dem fünf Rottenführer und ein Schreiber beigegeben sind. Diese Kolonne ist eingeteilt in den Vortrupp, den Umbau- oder Haupttrupp und den Nachtrupp. Der Vortrupp, unter Führung eines Rottenführers, ist bei täglicher Leistung von 400 bis 500 m 16 Mann stark und ist wieder eingeteilt in den acht Mann starken Lochtrupp, den vier Mann starken Richttrupp und den vier Mann starken Schraubentrupp. Der Lochtrupp hat für die Richtböcke die Löcher zu machen und den Steinschlag von den Schwellenköpfen des alten Gleises soweit zu entfernen, dafs die Lehrschiene nicht aufliegt. In gerader Strecke kommen drei Richtböcke unter die Schienenlänge, in Krümmungen bis vier, je nach Stärke der Krümmung, damit die Schienen in ihrer gekrümmten Lage gehalten werden. Von dem Lochtrupp arbeiten immer zwei Mann in einer Schienenlänge, so dafs vier Schienenlängen zugleich fertig werden. Die Einteilung der Richtböcke für die Lehrschienen wird mit der 15 m Schwellenteilungslatte am auszubauenden alten Gleis angezeichnet. Die Richtböcke werden von sechs Mann mit einem Kleinwagen vorgebracht. Sind die Richtböcke verteilt, dann versetzen die vier Mann des Richttrupps die Richtböcke in die vom Lochtrupp hergestellten Löcher genau in Wage. Zum genauen Einwiegen der Richtböcke hat jeder Mann des Richttrupps eine kleine, etwa 20 cm lange Wasserwage bei sich, die man in der Längs- und Seitenrichtung über die Unterlagen legen kann (s. Abb. 3). Liegt das alte Gleis in guter Richtung, dann werden die Richtböcke mittels einer 69 cm langen Stocklehre vom Schienenfufs des alten Gleises bis Vorderkante Auflagerplatte der Richtböcke verlegt (s. Abb. 3). Diese Art der Ausrichtung ist die einfachste. Liegt das Gleis aber nicht gut in Richtung, dann müssen die Richtböcke nach den Richtpfählen versetzt werden. An jedem Richtpfahl wird dann ein Richtbock aufgestellt, die dazwischen stehenden werden mit dem Auge ausgerichtet. Das genaue Versetzen der Richtböcke in Wage ist nötig, damit die



Abb. 4. Ausrichten der Lehrschienen.

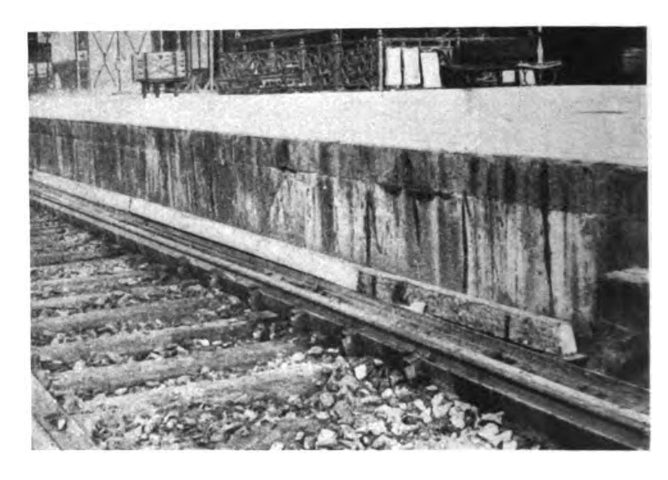


Abb. 5. Holzlehrschienen an Bahnsteigen und sonstigen Hindernissen.

Lehrschienen nicht verkantet stehen. Sind vom Richttrupp genügend Richtböcke versetzt, dann werden die Lehrschienen von dem ganzen Vortrupp zusammen aufgesetzt. Sind alle Schienen auf die Richtböcke gesetzt, dann werden diese von dem Richttrupp mit einem Bolzen zusammengelascht. Loch- und Schraubentrupp gehen wieder an ihre Arbeitsstelle. Beim Einbau zusammengeschweifster Schienen würden diese nach dem Aufsetzen auf die Richtböcke zusammenzuschweifsen sein. Sind die Schienen verlascht oder geschweifst, dann wird die Seite, an der die Richtungspfähle stehen, scharf ausgerichtet und die Höhe + Sackmafs genau eingestellt. Ist so die eine Seite gerichtet, dann wird die andere mittels Stichmafs und Wasserwage im Abstand von 3,03 m genau verlegt (s. Abb. 4). An Bahnsteigen, Brücken oder sonstigen Hindernissen, wo ein Kürzen der Lehrschiene erforderlich wäre, werden Holzlatten

von etwa 5 m Länge als Lehrschienen verwendet und auf die richtige Länge zugeschnitten (s. Abb. 5). Die Latten haben die gleiche Höhe, Fufsbreite und Kopfbreite, wie die Schiene des neu zu verlegenden Oberbaues, so dafs die Lehrschienenfläche nicht unterbrochen wird (s. Abb. 5). Auf diese so verlegten Lehrschienen wird von dem Richttrupp die Schwelleneinteilung mit einer 15 m Latte genau aufgetragen (s. Abb. 6). In Krümmungen ist zu beachten, dafs die Lehrschienen mit der richtigen Überhöhung verlegt werden. Wie die Stöfse der



Abb. 6. Anzeichnen der Schwellenteilung auf die alte Aufsenschiene in Bögen.

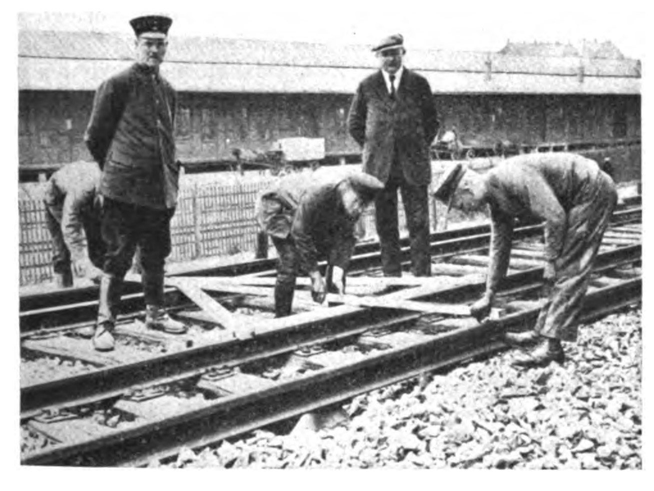


Abb. 7.
Übertragen der Schwellenteilung auf die beiden Lehrschienen.



Abb. 8. Abstandseisen bei Gleisverschwenkungen.

Lehrschienen in der Krümmung liegen, hat auf die Einteilung der Schwellen keinen Einflufs. Die Einteilung für die Rahmen auf den Lehrschienen wird dann anders, als für die Schwellen, weil die Lehrschienen von der Mitte der Gleisachse 72 cm weiter entfernt liegen als die Schienen des alten Gleises. Die neue Schwellenteilung wird deshalb auf die äufsere Schiene des auszubauenden Gleises aufgetragen (s. Abb. 6 und 7). Mit einem Holzkreuz, bei dem der als Bogensehne geltende Balken etwa 3 bis 4 m und der senkrechte Balken 3,20 m lang ist, wird die neue Schwelleneinteilung auf die beiden Lehrschienen übertragen. Die Schwellen kommen bei dieser Einteilung alle radial zu liegen. Bei Neuverlegung oder Verschiebung von Gleisbogen wird der äufsere Strang des alten Gleises für die Schwelleneinteilung hergestellt. Hierzu werden drei verstellbare Schwelleneinteilungslatten von je 15 m in Abstandseisen, die über die äufsere Lehrschienen gehakt sind, gelegt und festgeschraubt. An diesen Latten wird das Kreuz entlang geschoben und die Teilung auf die Lehrschienen übertragen (s. Abb. 8). Das Holzkreuz besteht aus $2{,}5 \times 8$ cm starken Latten und hat an den Enden des Querbalkens etwa 6 cm lange und 4 cm breite Flacheisen, damit diese mit einem Punkt an den Schienenkopf entlang gleiten. Um ein Kippen des Kreuzes zu vermeiden, läfst man die Verstrebung über den Querbalken 10 cm hinausragen, damit diese auf der Schiene gleiten. Zum Übertragen der Schwelleneinteilung von der alten Schiene auf die Lehrschienen werden drei Mann benötigt. Der eine schiebt das Kreuz auf die richtige Stelle an der alten äufseren Schiene entlang und die beiden andern schreiben auf die Lehrschienen an den Längsbalken entlang die Teilung auf. Bei der Schwellenteilung ist die Stärke des Striches zu berücksichtigen, damit die Stofsschwellen nicht voreilen oder zurückbleiben.



Abb. 9. Einsetzen der äufseren Befestigungsteile.

Der Schraubeneinsetztrupp ist bei 400 bis 500 m Tagesleistung vier Mann stark. Um das Anbringen der Schienenbefestigung und das Verlegen der Schwellen zu erleichtern und um alle Arbeiten, die vorbereitend ausführbar sind, auch vorwegzunehmen, werden die äufseren Hakenschrauben mit Spurplättchen und Klemmplatten eingesetzt. Um die Klemmplatte hochzuhalten wird zwischen Klemmplatte und Spurplättchen ein Rundeisen oder Holzstück von 12 mm Stärke und 10 cm Länge gelegt und die Schraube leicht angezogen, damit der Eisen- oder Holzstab nicht herausfällt (s. Abb. 9). Nachdem die Schienen auf die verlegten Schwellen aufgesetzt sind, werden die Schienenfüfse einfach unter die Klemmplatten gespreizt. Auch wird mit dem vorherigen Einsetzen der äufseren Spurplättchen noch bezweckt, dafs die inneren Spurplättchen nicht falsch eingesetzt werden können. Das Einsetzen der inneren Schrauben stöfst dann auf keinerlei Schwierigkeiten. Die Steine, die vor dem Loch sitzen, werden mit dem Aufsteckschlüssel zurückgestofsen, aber nur so weit, dafs die Schraube sich zwar bequem einführen läfst, aber nicht ganz durchfällt.

c) Haupt- oder Umbautrupp.

Der Umbautrupp setzt sich zusammen aus den Stampftrupps und dem Übergangstrupp. Der Übergangstrupp, der zwei bis vier Mann stark ist, hat die Übergangschienen von 3 bis 5 m Länge nebst Pafsstück mit dem Einschienenwagen nach vorn

zu bringen und sie nach jeder Umbaupause zwischen altem und neuem Gleis einzubauen.

Die Stampftrupps sind bei der Maschinenstampfung sechs Mann stark. Der Arbeitsbezirk eines Stampftrupps wird auf die Lehrschiene geschrieben. Jeder Trupp hat eine bestimmte Anzahl Schwellen zu stampfen (s. Abb. 10). Die Zahl der jedem Trupp zugeteilten Schwellen richtet sich nach der Länge der Umbaupause. Der Haupttrupp hat drei Rottenführer. Ein Rottenführer hat drei Trupps und den Übergangstrupp, der mittlere Rottenführer hat drei Stampftrupps und der andere Rottenführer hat vier Stampftrupps. Der mittlere Rottenführer hat das etwaige Nachrichten mit zu besorgen. Ist der letzte

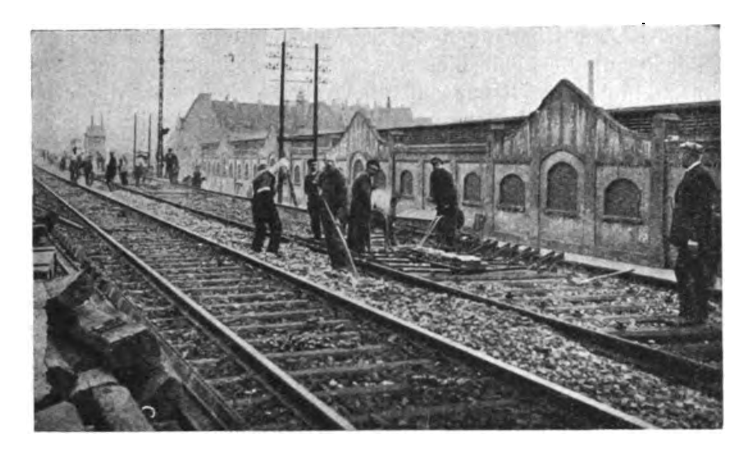


Abb. 10. Einteilung der Stampftrupps.



Abb. 11. Stampfen der Bettungsrücken und Verlegen der Schwellen.

Zug vor der Umbaupause durchgefahren und das Gleis gesperrt, dann löst jeder Trupp in seinem Bereiche die Laschen und Schwellenschrauben. Beim Lösen des Kleineisens wird dieses von je zwei Mann in einen kleinen Tragkasten geworfen und auf Haufen ins Nachbargleis geschüttet. Beim Verladen der Altstoffe wird es dann gleich sortiert. Sind die auszubauenden Schienen von den einzelnen Trupps gelöst und umgekantet, dann nimmt jeder Rottenführer seine Trupps zusammen und wirft die alten Schienen heraus. Hierauf geht jeder Trupp in seinen Bezirk und wirft die Schwellen heraus, bis auf die letzten zwei. Auf diese letzten beiden wird die Stampfmaschine des folgenden Trupps gelegt. Nach dem Herauswerfen der Schwellen werden die Füllkästen auf die Lehrschienen gehängt und voll mit Schotter gefüllt. Der Schotter ist aus dem nächsten Schwellenlager zu nehmen, um gleich Raum für den nächsten Füllkasten zu gewinnen (s. Abb. 11). Beim Stampfen arbeiten immer zwei Mann zusammen. Zwei Mann stampfen, zwei Mann füllen die Kästen und zwei Mann decken die Schwellen auf den gestampften Bettungsrücken (s. Abb. 11). Solange noch keine Rahmen hinter der Maschine frei sind, helfen die Schwellenleute beim Verfüllen der Füllkästen und stellen die Rinnen in der Bettung für die umgebogenen Schwellenenden her, damit der Füllkasten leichter und besser aufgehängt werden kann. Wird der erste Füllkasten hinter der Maschine frei, dann wird er seitlich vom Steinschlag gereinigt, damit dieser nicht beim Hochheben des Füllkastens zurück an den gestampften Körper rollt und das gute Aufdecken der Schwelle dadurch gehindert wird. Ist der Füllkasten äufserlich vom Steinschlag frei gemacht, dann wird er aufgehoben und vor die Maschine auf die Lehrschiene gehängt. Auf dem Rückwege nehmen die Schwellenleute die Schwelle mit und decken sie auf den gestampften Steinschlagrücken. Mit einer Stocklehre von 65 cm Länge, die gegen den Steg der Lehrschiene und der eingesetzten äufseren Klemmplatte gehalten wird, wird die Schwelle genau in Richtung verlegt. Diese Stocklehre ist 1 cm stark und biegsam. Die Biegsamkeit hat den Zweck, dafs beim Gegenschieben der Schwelle gegen die Lehre nicht die Lehrschiene nach aufsen gedrückt wird und dadurch Richtungsfehler entstehen (s. Abb. 11). Ist die Schwelle aufgedeckt, dann wird sie mit leichten Stampferstöfsen auf ihr Lager getrieben. Hierbei ist, wie schon oben bemerkt, zu beachten, dafs die Schwelle in der Nähe der Löcher nicht gestampft wird, um Anrisse zu vermeiden. Zum Heruntertreiben der Schwelle darf kein Vorschlaghammer genommen werden, weil damit Löcher in die Schwellen geschlagen werden. Ist die Schwelle verlegt, dann verfüllen die Schwellenleute die Zwischenräume gleich mit Steinschlag, soweit es ihre Zeit erlaubt und verteilen auch das noch erforderliche Kleineisen. Dadurch, dafs bei dem Einfüllen des Steinschlags in die Füllkästen dieser aus dem nächsten Schwellenlager genommen wird (s. Abb. 11), wird jede unnötige Bewegung des Steinschlags vermieden. Die Stampfer stampfen den Steinschlag in den Füllkästen so lange fest, bis er nicht mehr nachgibt. Da an jeder Maschine zwei Stampfer sind, stampfen an jedem Füllkasten zwei Mann. Beim Stampfen ist darauf zu achten, dafs die Köpfe der Schwellen gut festgestampft werden, damit der Steinschlag beim Abheben der Füllkästen nicht abrollt und dadurch hohle Schwellenköpfe entstehen. Die Stampfmaschine wird auf den vollgestampften Rahmen liegend, stets nachgezogen. Sind so alle Schwellen gestampft und verlegt, sowie zwischen den Schwellen verfüllt und ist das Kleineisen auf den Schwellen verteilt, dann nimmt jeder Rottenführer seine Trupps zusammen und setzt die Schienen in seinem Arbeitsbezirk auf. Beim Aufsetzten der Schienen treten die Leute über die Schiene hinweg und setzen diese beim ersten Kommando auf die Schwellenköpfe. Beim zweiten über die eingesetzten äufseren Befestigungsmittel und schieben sie dann gegen die eingesetzten Schienen mit Temperaturlücken und seitlich unter die hochgestellten Klemmplatten (s. Abb. 12). Nach dieser Aufsetzart müssen die Schienen wegen der Temperaturlücken nacheinander aufgesetzt werden. Zusammengeschweifste Schienen, werden mit der Brechstange herübergesetzt. Man legt auf das Schwellenende ein U-Eisen, das über die äufsere Schraube mit Klemmplatte hinweggeht und mit dem andern Ende auf den Richtbock unter die Fahrschiene geschoben wird (Abb. 13). Auf diesen U-Eisen werden die Schienen mit der Brechstange herübergedrückt, wobei die Leute so verteilt werden, dafs grofse Schienenlängen zugleich eingesetzt werden. In der Längsrichtung werden die Schienen, sofern sie nicht genau auf Temperaturlücke liegen, mit dem Schienenrücker in ihre richtige Lage gebracht. Sind die Schienen aufgesetzt, dann beginnt das Festschrauben. Jeder Trupp befestigt in seinem Bereiche die

Schienen. Hierbei arbeiten wieder je zwei Mann zusammen. Die Stampfer bringen die Laschen an, wofür ihnen zwei Schwellen weniger zum Festmachen zugewiesen werden. Wenn die Schienen in großen Längen aufgesetzt werden, dann fällt das Anlaschen fort. Das bedeutet eine große Erleichterung, weil das Anlegen



Abb. 12. Aufsetzen der Schienen.

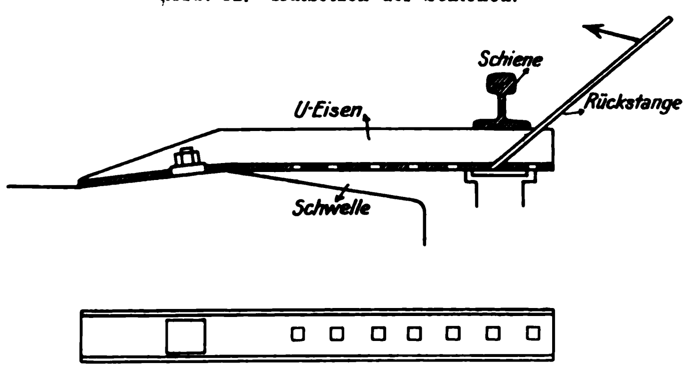


Abb. 13. Einrückvorrichtung für lange Schienen von mehr als 15 m.



Abb. 14. Spreizen der Schienen in ihre richtige Lage und Anbringen der inneren Befestigung.

der Laschen nur einmal erfolgt, während es sonst zweimal nötig ist. Beim Befestigen der Schienen wird der Schienenfuß gegen das äußere Spurplättchen unter die Klemmplatte gespreizt (s. Abb. 14). Ist das innere Loch frei, so wird mit dem Aufsteckschlüssel, der Spitzhacke oder der Richtstange das Loch von den Steinen soweit befreit, daß die Hakenschraube bequem einzuführen ist. Bei einiger Übung schlagen die Leute die Steine nicht tiefer weg, als daß die Schraube sich gut einführen läßt, ohne wegzusacken. Die Schraube bleibt hoch stehen, so daß Spurplättchen und Klemmplatte leicht über den Schaft der Schraube geführt und die Mutter aufgedreht werden kann. Sind die inneren Klemmplatten angebracht, dann wird die äußere Schraube um eine Viertelumdrehung zurückgedreht, der Eisenstab wird entfernt, in einen kleinen Tragkasten geworfen und die Schraube wird fest angezogen. Bei jedem Festziehen der Schrauben ist darauf zu achten, daß die Schwellen richtig liegen und die Klemmplatten genau senkrecht zur Schwelle sitzen. Ist das Gleis fest, dann gehen zwei Mann zum Richten, zwei Mann bringen Wanderklemmen an; weitere zwei Mann verfüllen die noch fehlenden Schwellenzwischenräume und bringen das Gerät nach der nächsten Umbaustrecke. Zum Stampfen ist die Kruppsche Stopfmaschine umgebaut. Da diese Maschinen auch öfters versagen, so ist jedem Rottenführer eine Reservemaschine zugeteilt, für deren Gangbarkeit und Weitertransport er verantwortlich ist. Die Öl- und Benzolfässer haben die Maschinenwärter vorzubringen. Von den Maschinenwärtern hat jeder zwei Maschinen instand zu halten. Diese Wärter haben aber auch mit für die Sicherheit der beiden Trupps, denen sie angehören, zu sorgen. Die Maschinenwärter sind auch Zeitarbeiter und gehören mit zum Gedinge.

d) Verteilen der Neustoffe und Abfuhr der Altstoffe.

Die Neustoffe werden von den Bahnmeistereien verteilt, in deren Bezirk der Umbau stattfindet. Dadurch, daß die Stoffverteilungsstelle im Oberbaubüro der Reichsbahndirektion nach dem genau festgelegten Umbauplan arbeitet und durch den Leiter der Umbaukolonne ständig unterrichtet ist, wann mit dem Umbau in den einzelnen Bahnmeistereien begonnen wird, ist es möglich, die neuen Stoffe von dem Sammellager so der Reihe nach abzurufen, daß sie nicht erst auf Lager gelegt, sondern gleich auf der Strecke verteilt werden. Beim Verteilen sind die neuen Stoffe unmittelbar neben dem auszubauenden Gleis zu lagern. Hierbei sind die Schienen möglichst auf die Schwellenköpfe des auszubauenden Gleises zu legen, damit sie dem Einbau der Richtböcke nicht hinderlich sind und von wenig Leuten auf die Richtböcke gesetzt werden können (s. Abb. 3). Die Schwellen sind, wenn genügend Platz vorhanden ist, einzeln zu lagern winkelrecht zur Gleisachse, da sie dann leichter auf die Bettungsrippen gelegt werden können.

Fehlt der Platz (zum Beispiel bei hohen Dämmen), dann sind sie wie Abb. 9 parallel zur Gleisachse zu lagern. Die Lagerung muß so sein, daß der Schraubeneinsatztrupp die Schrauben bequem einsetzen kann (s. Abb. 9), ohne die Schwellen umstapeln oder wenden zu müssen. Die Lagerung der neuen Stoffe über das zweite Gleis hinweg ist möglichst zu vermeiden und nur dann zuzulassen, wenn keine andere möglich ist. Müssen nämlich die neuen Schwellen während der Umbaupause über Betriebsgleise getragen werden, so ist das nicht nur anstrengend, sondern auch eine große Gefahr für die Leute. Wenn dagegen die alten ausgebauten Stoffe über ein im Betrieb befindliches Gleis gebracht werden, so fällt diese Gefahr nicht so stark ins Gewicht, da der Ausbau der Altstoffe nur kurze Zeit beansprucht und dadurch das Überschreiten der Nachbargleise besser bewacht werden kann. Außerdem kann der Umbautrupp auch die neue Bettungskante nicht herstellen, wenn nach erfolgtem Umbau die alten ausgebauten Stoffe neben dem neuen Gleis liegen. Eine äußerst wirtschaftliche Maßnahme ist die gleichzeitige Abfuhr der Altstoffe während der Umbaupause. Der Umbautrupp muß dann für die Abfuhr der Altstoffe entsprechend verstärkt werden. Der Aufladetrupp wird dem Dienststellenvorsteher zur Beaufsichtigung übergeben; er muß so stark sein, daß er beim Aufladen der täglichen Umbauleistung mit einem Tagesabstand Schritt hält. Die Verteilungsstelle des Oberbaubüros teilt nach ihren

Plänen der Bahnmeisterei mit, wieviel von den einzelnen Stoffen abgesandt werden soll und wohin. Der Dienststellenvorsteher oder ein sachkundiger Rottenführer sortiert mit zwei bis drei Mann die Schienen und Schwellen in Gruppen und schreibt die Gruppennummer auf die Schwelle. Für das Sortieren der Holzschwellen ist es wichtig, daſs die Platten vorher abgeschraubt werden, damit der Rottenführer den Zustand der Schwelle besser erkennen kann. Der Arbeitszug hat so viel Wagen, wie Gruppen verladen werden sollen. Der Aufladetrupp ladet nur die Stoffe auf die einzelnen Wagen. Durch diese Ausnutzung der Umbaupausen wird gegenüber der späteren Abfuhr der Altstoffe viel an Arbeitslöhnen gespart, besonders auf Strecken, auf denen wegen dichter Zugfolge für die Umbaudauer Zugpausen künstlich geschaffen werden müssen. Da der Arbeitszug für die Abfuhr der Altstoffe oft gleich bei Beginn der Arbeitszeit an der Umbaustelle sein muſs, fahren die Leute in diesem Falle mit zur Arbeitsstelle und gegebenenfalls auch abends wieder zurück. Unkosten entstehen hierdurch nicht, wohl aber groſse Vorteile. Die Leute kommen geschlossen pünktlich zur Arbeitsstelle und sind frisch und nach Schluſs der Arbeit läuft keiner mehr ohne Aufsicht am Gleis herum. Die Leistungsfähigkeit wird dadurch erhöht.

e) Der Nachtrupp.

Bei dem Umbau mit Maschinenstampfen wurde anfangs das neu verlegte Gleis mit der ganzen Kolonne nachgesehen, wobei noch auftretende kleine Mängel beseitigt wurden. Hierbei wurde festgestellt, daſs sich nach etwa vier Wochen lose Schwellen zeigten. Um diese Mängel wirtschaftlich zu beseitigen, wurde für die Nacharbeiten ein besonderer Nachtrupp eingesetzt, bestehend aus einem Rottenführer und 15 Mann, der nach etwa vier Wochen das Gleis auf richtige Höhen- und Seitenlage nachsieht und nacharbeitet. Ein früheres Nacharbeiten hat wenig Zweck. Beim Gleisumbau sind die alten Schwellenlager bis in tiefe Schichten hinein durch das lange Befahren festgerammt. Wird das neue Gleis verlegt, dann kommen einzelne Schwellen auf die alten Lager zu liegen, andere daneben. Die Schwellen, die über dem alten Lager liegen, bleiben fest, die andern lockern sich, indem die Unterlage von dem Zugverkehr nach und nach fest zusammengedrückt wird. Dieses Lockern der Schwellen hört nicht eher auf, bis eine genügende Dichtung der neuen Schwellenlager erreicht ist, was etwa nach vier Wochen Befahrens eingetreten ist. Deshalb kann erst der Nachtrupp nach etwa vier Wochen einwandfreie Arbeit liefern. Der Nachtrupp arbeitet im Gedinge und ist auch dem Haupttrupp angegliedert.

f) Einrichtung des Bauzuges.

Der Bauzug wurde eingerichtet, weil der Gleisumbau mit eisernen Schwellen nach dem Hannoverschen Umbauverfahren wegen der zahlreichen technischen Hilfsmittel nur durch eine fliegende Kolonne für den ganzen Direktionsbezirk ausgeführt werden kann. Die Kolonne besteht aus Zeitarbeitern, die aus verschiedenen Teilen des Direktionsbezirks angeworben sind. Für die Leitung ist ein Oberbahnmeister mit fünf Rottenführern bestellt; dazu ist eine Schreibkraft gestellt. Da die Kolonne mit 10 + 3 Stopfmaschinen arbeitet, ist für die Maschinenwärter eine Werkstätte nötig, in der auch die Geräte instand gehalten werden. Da die Kolonne nur mit Geräten arbeitet, die ihr selbst zugewiesen sind, sind Gerätewagen (bedeckte Güterwagen) beigestellt. Übrig bleibende Oberbaustoffe werden von Dienststelle zu Dienststelle überwiesen und im Bauzuge mitgenommen, bis sie nach Beendigung der Arbeit an das Oberbaustofflager überwiesen werden. Im Zuge wird deshalb ein Wagen für Oberbaustoffe mitgeführt. Im übrigen besteht der Zug aus den Wohnwagen und einem Küchenwagen.

Bei der Einrichtung eines Bauzuges muſs berücksichtigt werden, daſs die zur Verfügung stehenden Räumlichkeiten gut ausgenutzt werden, aber auch die Leute in ihrer Bequemlichkeit möglichst nichts entbehren, so daſs sie sich nach den körperlichen Anstrengungen auch genügend ausruhen können.

Als Wohnwagen sind ausgemusterte Wagen 3. Klasse mit Plattform so hergerichtet, daſs in jedem Wagen acht Mann wohnen. Die Mannschaftswagen sind nach dem Entfernen der Sitzbänke durch eine Holzwand in zwei Hälften geteilt. In jeder Hälfte sind vier Mann untergebracht, und zwar stehen an der einen Längswand vier Betten (je zwei aufeinander) an der gegenüberliegenden Längswand ein Tisch mit vier Schemeln. Neben dem Eingang steht der Ofen, dessen Rohr durch die Öffnung einer abgenommenen Deckenbeleuchtung geführt ist. Es ist jedoch besser, die Heizkörper sitzen zu lassen und den ganzen Zug mit einem Heizkesselwagen zu heizen. An der Mittelwand stehen vier Schränke, die zur Aufbewahrung von Lebensmitteln, Wäsche und Kleidern dienen. Zwischen Schrank und Auſsenwand ist noch Platz für Besen, Eimer und Waschschüssel.

Als Küchenwagen ist ein ausgemusteter Wagen 3. Klasse in drei Teile geteilt. Im Küchenraum befindet sich eine Feldküche, ein kleiner Kochherd und ein Anrichtetisch. Über der Feldküche ist an der Wagendecke ein Wasserbehälter angebracht. Anschlieſsend an den Küchenraum ist der Vorratsraum eingebaut. Hinter dem Vorratsraum mit einem schmalen Gang verbunden ist der Wohnraum für die Köchin eingerichtet.

Die Verpflegung wird von den Leuten selbst durch einen gewählten Küchenausschuſs besorgt. Die Köchin wird von den Leuten angenommen und gelöhnt.

Der Werkstättenwagen ist in zwei Teile geteilt, in Werkstatt und Wohnraum für Maschinenwärter. Die Werkstätte ist mit Werkbank, Vorratsschrank und Benzinverschlag ausgerüstet. Der Verschlag für Öl und Benzin ist wegen der Feuersgefahr erforderlich.

Die Rottenführer sind in einem Wagen 2. Klasse untergebracht, in dem jeder ein Abteil für sich hat. Der Leiter der Umbaukolonne bewohnt einen Wagen 2. Klasse, wo gleichzeitig seine Schreibstube mit eingerichtet ist. Die Schreibstube ist in einem Wagen 3. Klasse eingerichtet, in dem der Schreiber in einem Abteil mit wohnt.

Alle Wirtschaftsgeräte und die Wäsche stellt die Reichsbahngesellschaft. Die Bettwäsche müssen die Leute selbst reinigen lassen.

Die Aufsicht über den Bauzug obliegt einem Rottenführer. Von Zeit zu Zeit wird von dem Leiter der Umbaukolonne der Bauzug durchgesehen, um Unstimmigkeiten abzustellen. Als Aufenthaltsräume an der Arbeitsstelle dienen zwei Zelte, die in der Nähe der Umbaustelle aufgestellt werden. Anstände haben sich bis jetzt noch nicht gezeigt. Die Leute wohnen gern in diesem Bauzuge.

g) Geräte.

Von den Geräten des Bauzuges sind die kleinen in zwei G-Wagen, die groſsen auf zwei Rungenwagen untergebracht. Die Ausgabe und Überwachung der Geräte wird von einem zuverlässigen, schreibgewandten Arbeiter ausgeführt, der womöglich das Schlosserhandwerk erlernt haben soll. Er darf die erforderlichen Geräte nur gegen Quittung herausgeben. Bedarf von Ersatzstücken meldet er dem Leiter der Kolonne, der sie dann anfordert. Die Herausgabe der Geräte an einzelne Leute ist nur im Austausch gegen ein unbrauchbares Stück gestattet. Hat der Rottenführer für seine Leute Geräte nötig, wofür kein altes oder verbrauchtes Stück abgegeben wird, so muſs er hierüber Quittung leisten. Der Geräteverwalter hat über jedes Stück, das ausgegeben wird Buch zu führen. Bei den Maschinen kommt jeder Maschinenwärter für seine Maschinen auf. Hat der Maschinenwärter Ersatzstücke nötig, so hat er diese rechtzeitig beim Geräteverwalter anzufordern, damit dieser sie, wenn erforderlich, von der Stopfmaschinenstelle beschaffen kann.

Gerätebuch sowie Veränderungsnachweisung werden genau so geführt wie bei den Bahnmeistereien.



Prefslufthydraulisches Aufgleisgerät.

Von Reichsbahnoberrat **Gaedicke**, Reichsbahndirektion Essen.

Hierzu Tafel 39.

Die bisher für die Aufgleisung von Wagen und Lokomotiven verwendeten Winden haben Handantrieb. Sie sind zwar in der Tragfähigkeit der zunehmenden Last der Lokomotiven und Wagen gefolgt, sind dabei aber immer schwerer und unhandlicher geworden, brauchen viele Arbeitskräfte, und die Aufgleisungsarbeiten gehen verhältnismäfsig langsam von statten.

Ein von dem Maschineninspektor Abel des Bahnbetriebswerks Dortmunderfeld in Vorschlag gebrachtes, von der Maschinenfabrik »Deutschland« in Dortmund ausgeführtes Aufgleisungsgerät macht für den Antrieb der Winden die bei den Unfallstellen stets zur Verfügung stehende Prefsluft nutzbar.

Die in der Abb. 1, Taf. 39 dargestellte tragbare Prefslufthydraulische-Übersetzungspumpe gestattet mit der von der Lokomotive des Hilfszugs gelieferten Prefsluft Druckwasser von 300 at zu erzeugen.

Es besteht andererseits die Möglichkeit, die Spurkränze der Endachse auf die in Abb. 5 dargestellten Rollwagen zu setzen, und diese Rollwagen mit Hilfe der Abb. 3 und 4 dargestellten Aufgleisbrücken zu verfahren.

Eine wesentlich leichter gehaltene Aufgleisbrücke zur Verschiebung von Wagen ist in Abb. 6, Taf. 39 und Textabb. 2 dargestellt.

Handelt es sich um Aufgleisung von Drehgestellwagen, so finden zweckmäfsig die in Abb. 7 und 8 dargestellten Anschlingvorrichtungen zum Halten der Drehgestelle Verwendung.

Die Aufgleisgeräte sind beim Bahnbetriebswerk Dortmunderfeld seit einigen Monaten in Benutzung. Versuche haben ergeben, dafs eine T 16-Lokomotive von 80 t Gewicht, die $2^1/_2$ m aufserhalb des Gleises lag, in 32 Minuten gehoben, seitlich

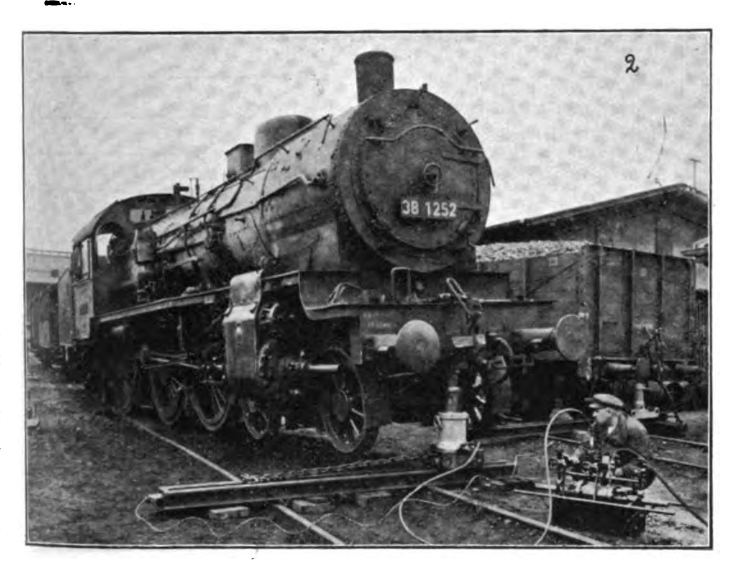


Abb. 1.

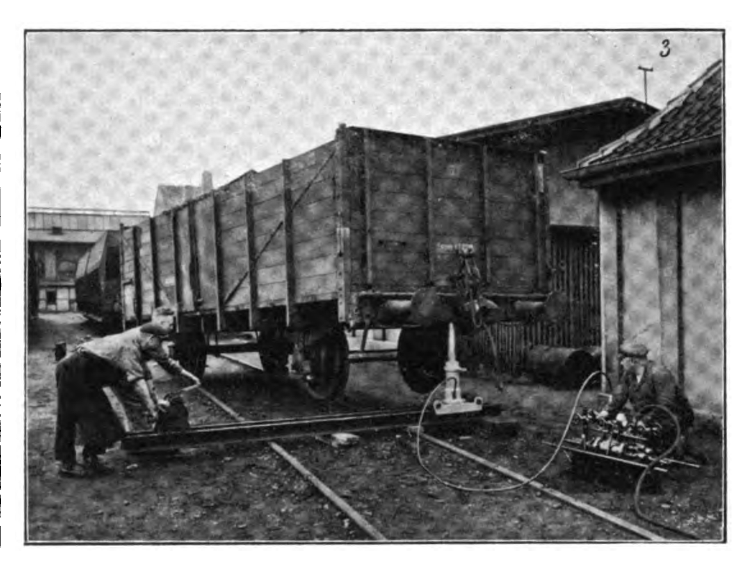


Abb. 2.

verschoben und auf das Gleis gesetzt werden konnte. Ein 2 m seitwärts liegendes Drehgestell eines vierachsigen Personenwagens konnte in 14 Minuten aufgegleist werden. Wenn bei den Versuchen auch günstige örtliche Verhältnisse vorlagen, so steht doch fest, dafs die Aufgleisung wesentlich weniger Zeit erfordert, als bei Benutzung der sonst üblichen Aufgleisgeräte. Es hat sich dies besonders noch bei einer Aufgleisung auf Essen-Hauptbahnhof bestätigt, wo eine P 8-Lokomotive über einen Prellbock gefahren, mit allen Achsen entgleist war und sich in weichem Boden eingegraben hatte. Sie wurde gehoben und auf ein etwa 5,5 m entferntes Parallelgleis innerhalb zwei Stunden nach Ankunft des Gerätewagens gesetzt. Mit dem bisher üblichen Gerät hätte die Aufgleisung mindestens acht Stunden erfordert.

Diese wird mit Hochdruckpanzerschläuchen, hydraulischen Teleskopwinden, wie sie für 120 t Tragfähigkeit in Abb. 2, Taf. 39 dargestellt ist, zugeleitet.

Werden mit einer entgleisten Lokomotive Querverschiebungen erforderlich, so wird, soweit es sich um geringe Verschiebungen handelt, eine Teleskopwinde auf den Rollwagen a gesetzt, der sich auf der in Abb. 3, Taf. 39 und in Textabb. 1 dargestellten Aufgleisbrücke bewegen kann.

Die Zugkraft wird von dem hydraulischen Zylinder b geliefert, dessen Kopf mit einer Kette mit dem Rollwagen a verbunden ist. Die am Prefszylinder sitzende Kettennufs c gestattet dabei bei Erschöpfung des Hubes des Prefszylinders in einfachster Weise das Nachfassen.

Sind gröfsere Querverschiebungen vorzunehmen, so werden die vordere und die hintere Achse auf Gleisbrücken entsprechend Abb. 4, Taf. 39 abgesetzt. Die Lokomotive wird dann mit hyrdaulischen Winden, wie es in der Zeichnung 4 dargestellt ist, verschoben. Die Abstützung d der Winde läfst sich bei Erschöpfung des Hubes, wie es die Zeichnung erkennen läfst, leicht umsetzen.

Hervorgehoben zu werden verdient noch, dafs dadurch, dafs der Pumpensatz abseits von dem entgleisten Fahrzeug aufgestellt werden kann, die Unfallgefahr für die Aufgleisungsmannschaften erheblich vermindert wird, und dafs bei der Aufgleisung selbst Beschädigungen am Oberbau und den Fahrzeugen vermieden werden.

Die Weichenentwicklung der Einfahrgleise an den Ablaufbergen der Verschiebebahnhöfe.

Von Reichsbahnrat Dr. Ing. **A. Baumann**, Berlin.

Solange die Theorie der Ablaufberge und die Gleisbremsen jeder Bauart noch nicht so weit entwickelt waren wie heute, hielt man möglichst kleine Ausrundungshalbmesser der Ablaufbergscheitel für unerläfslich und benötigte auf vielen Bahnhöfen zur Ausschaltung der stark wechselnden klimatischen Einwirkungen auf den Wagenablauf zwei verschieden hohe Ablaufgleise.

Daraus ergab sich für die Entwicklung des dem Ablaufberg zugewendeten Endes der Einfahrgruppe, des Berges selbst und des Überganges in die Richtungsgruppe zwangläufig die in Abb. 1 dargestellte Anordnung. Die Vereinigung aller Einfahrgleise mittels des vor dem Scheitel liegenden Weichenkreuzes war geboten durch die Notwendigkeit, alle Züge bald über den höheren, bald über den niederen Berg abzudrücken; sie ermöglichte in einfachster Weise die Abzweigung des Gleises für die von den Zügen wegfahrenden Zuglokomotiven, denen somit der Weg über den häufig mit nur 100 oder gar 80 m ausgerundeten Bergscheitel erspart blieb. Bei Verwendung von Weichen 1 : 9 und unter der Annahme, dafs die Spitze des abzudrückenden Zugteils bei der Einfahrt i. M. etwa 50 m vom Weichenmerkpfahl zum Halten kommt — Lokomotive und Packwagen erfordern hiervon etwa 25 bis 30 m, der Rest genügt als Schutzstrecke zwischen Zugspitze und Merkpfahl, — entstehen Beifahrwege bis zum Ablaufpunkt von i. M. 219 m.

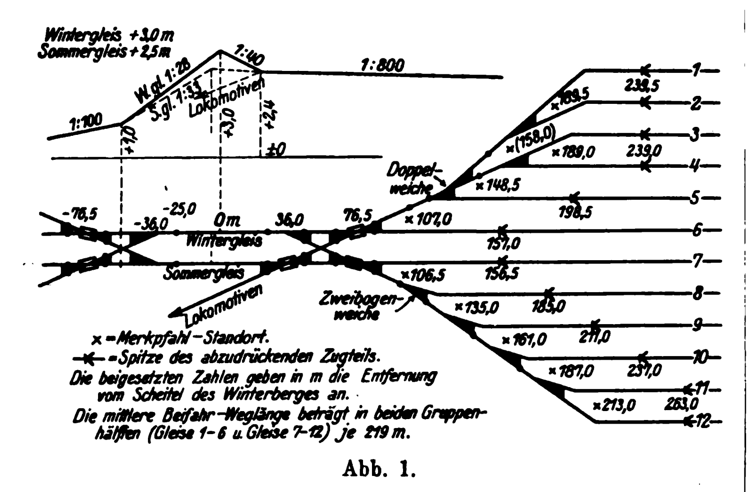


Abb. 1.

Verschieden hohe Berggleise erscheinen bei allen Anlagen mit neuzeitlichen Gleisbremsen entbehrlich. Aufserdem besteht heute Klarheit darüber, dafs die früher befürchtete Beschädigung grofser Lokomotiven bei dem Überfahren von Ablaufbergen ausgeschaltet ist, wenn das über dem Bergscheitel liegende Gleisstück mit 200 m Halbmesser*) ausgerundet wird; demnach kann auch auf das Lokomotivgleis zur Umfahrung des Berges verzichtet, ein solches vielmehr am Beginn der Richtungsgruppe abgezweigt werden.

Trotzdem finden sich vielfach in neuen Bauentwürfen für Verschiebebahnhöfe heute noch die alten Weichenentwicklungen zwischen den Einfahrgleisen und dem Ablaufberg. Sie sind sowohl für einen flotten Betrieb des Ablaufbergs hinderlich, wie auch unwirtschaftlich im Bau und im Betrieb. Die weitestgehende Ausnutzung der Leistungsfähigkeit der Ablaufberge verlangt, dafs die einfahrenden Züge erst möglichst nahe dem Ablaufpunkt zum Halten kommen, damit das folgende Beifahren der abzudrückenden Züge an den Ablaufpunkt auf die geringste Länge beschränkt wird und nur kurze Pausen zwischen zwei Abläufen entstehen. Darauf hat erst kürzlich Dr. Ing. Frohne in seinem Aufsatz »Leistungsfähigkeit der Ablaufanlagen usw.« (Organ 1927, Heft 13) klar und überzeugend hingewiesen. Aufserdem verursacht das Beidrücken der Züge durch die Abdrücklokomotive aus den zurückliegenden Einfahrgleisen — meist gegen die Steigung — natürlich erheblich höhere Kosten als wenn die Züge bei der Einfahrt nahezu ohne einen Pfennig bemerkbaren Mehraufwands bis in die nächste Nähe des Bergscheitels herangefördert werden*).

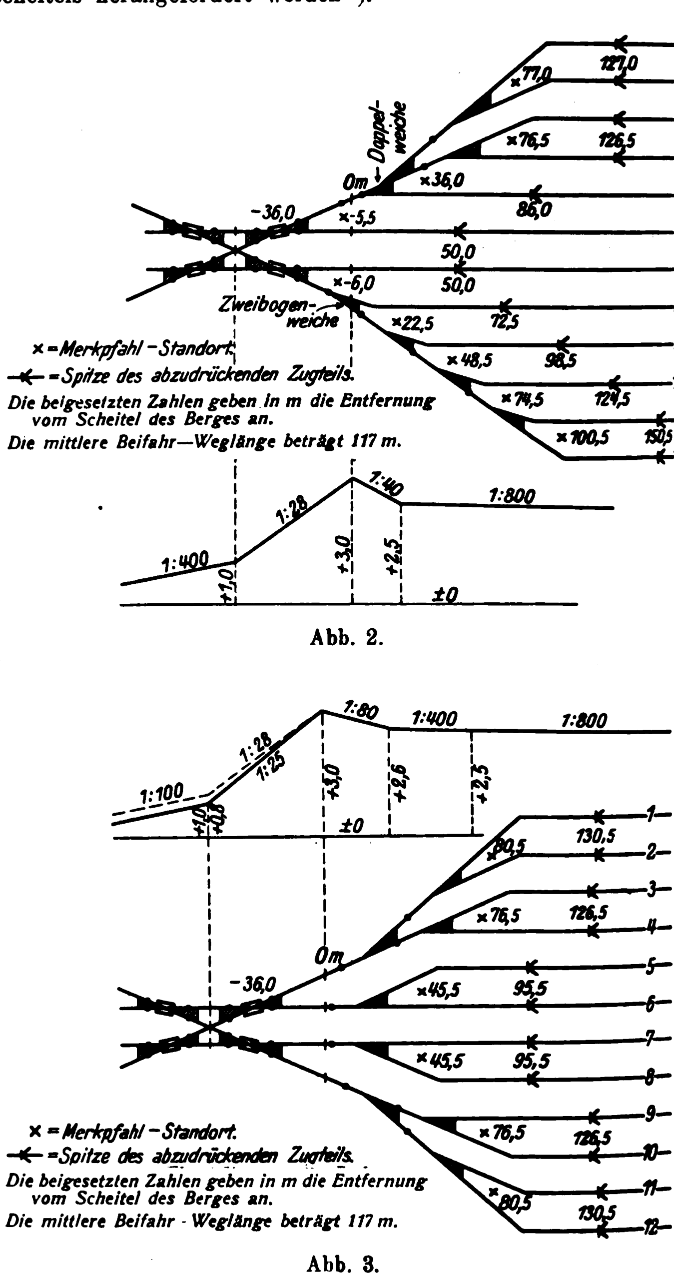


Abb. 2.

Abb. 3.

Die Weglängen für das Beidrücken an den Ablauf würden am stärksten verkürzt, wenn man die von Dr. Ing. Derikartz vorgeschlagene Anordnung der Einfahrgleise**) anwenden könnte, bei der alle Gleise unvereinigt über den Bergscheitel laufen und die Vereinigungsweichen erst in und unter der

*) Wittrock, Organ f. d. F. d. E. W. 1926, Heft 11.

*) Dr. Ing. W. Müller, Verkehrstechnische Woche 1922, Heft 2, S. 10.

**) Dr. Ing. Derikartz, Verkehrstechnische Woche 1926, Heft 37, S. 486.



Steilrampe liegen. Mit dem hierdurch für das Beifahren erreichten Vorteil ist aber der schwerwiegende Nachteil verbunden, daſs die gesamte Entwicklung der Richtungsgleise wegen der noch unterhalb der Steilrampe liegenden Einfuhrgleisweichen vom Ablaufpunkt abrückt; es entstehen also durchweg längere Laufwege der ablaufenden Wagen durch die vom Bergscheitel ab sich länger hinziehende Weichenzone.

Praktisch wird man nicht eine Verbesserung der Einfahrgleise durch eine so weitgehende Verschlechterung des Ablaufbetriebs erkaufen dürfen. Vielmehr ergibt sich für die Zusammenführung der Einfahrgleise die denkbar günstigste Lösung so, nische Schwierigkeiten bieten. Bei der Entwicklung mit verkürzter Weichenstraſse (untere Bildhälfte) bringt vielleicht auch das Befahren der in der Steilstrecke liegenden zweiseitigen Bogenweiche — bei Fahrt aus Gleis 8 mit folgender Gegenkrümmung — für die ablaufenden, sich ja schnell beschleunigenden Wagen gewisse Entgleisungsgefahren mit sich.

Aus beiden Gründen glaubt man vielfach die erst in der Steilrampe liegende Vereinigung der Einfahrgleise ablehnen und die alte Entwicklung beibehalten zu müssen; zum mindesten führt man häufig die Gleise innerhalb der beiden Einfahrgruppenhälften je für sich schon diesseits des Bergscheitels in

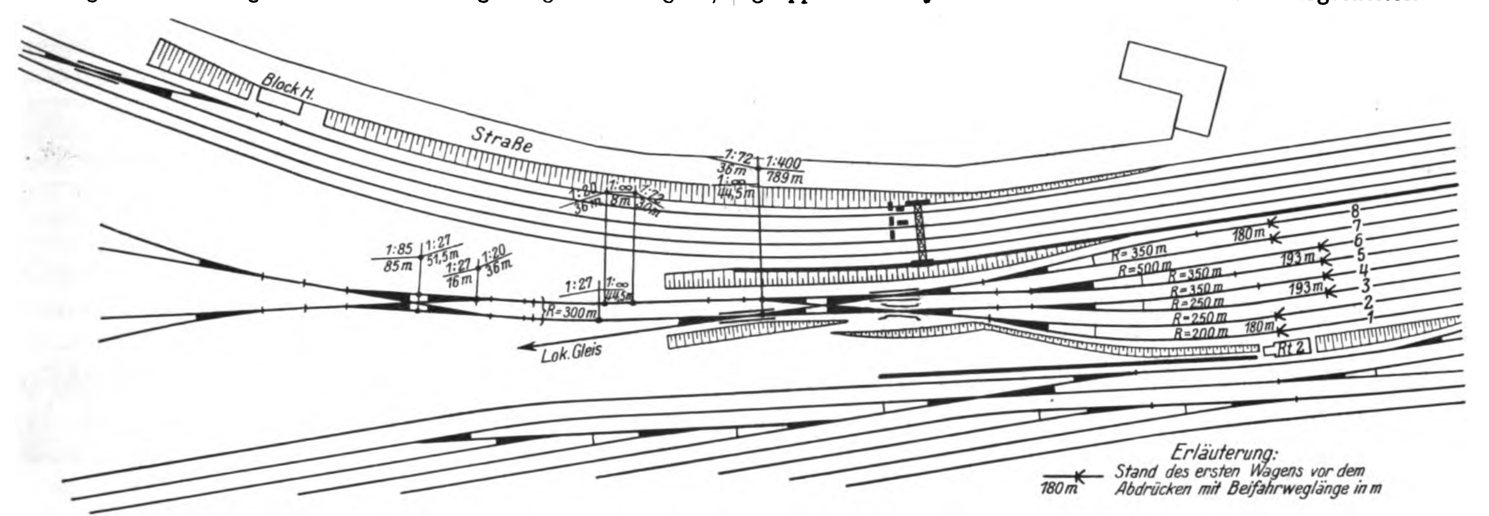


Abb. 4. Östlicher Ablaufberg des Verschiebebahnhofs O. Bisherige Anordnung der Einfahrgleise am Berg. Mittlere Beifahrweglänge 186 m.

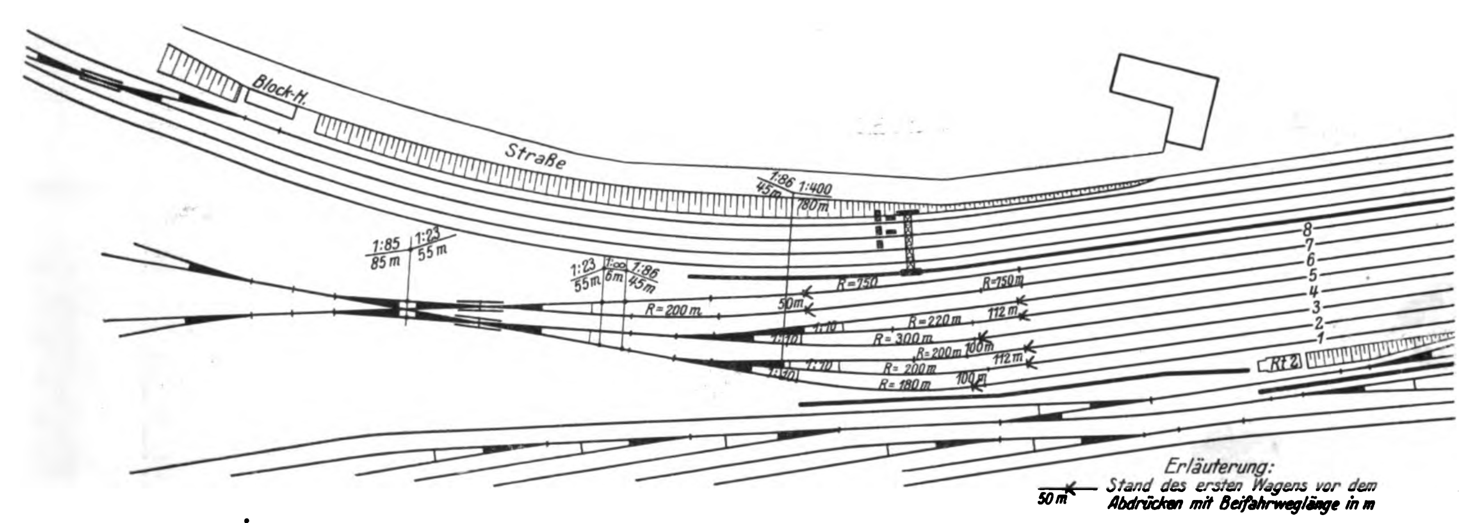


Abb. 5. Östlicher Ablaufberg des Verschiebebahnhofs O. Vorschlag für günstige Anordnung der Einfahrgleise am Berg. Mittlere Beifahrweglänge 93 m.

daſs die gesamte Weichenentwicklung über den Bergscheitel soweit vorgezogen wird, bis das in Abb. 1 diesseits des Scheitels liegende Weichenkreuz der Einfahrgleise sich mit dem unterhalb der Steilrampe liegenden Weichenkreuz am Beginn der Richtungsgruppe deckt. Bei solcher Anordnung nach Abb. 2 bleibt die Entwicklung der Richtungsgruppe vollständig unberührt; trotzdem werden die Beifahrwege bei günstigster, völlig der Abb. 1 entsprechender Zusammenführung der Einfahrgleise von i. M. 219 m der Anordnung nach Abb. 1 um je 112 m, d. h. um mehr als die Hälfte verkürzt.

Die Lösung nach Abb. 2 ist ohne weiteres für Berge mit nicht zu steilen Ablauframpen geeignet, eine ähnliche Ausführung findet sich z. B. am Nordberg in Wedau. Bei den jetzt als richtig erkannten Steilrampen können aber die gerade in der Scheitelausrundung anzuordnenden Weichen unterhaltungstech- eines der beiden Ablaufgleise zusammen, womit zwar eine Verkürzung des Beifahrweges um etwa 40 bis 50 m gegenüber Abb. 1, aber noch lange nicht der Idealzustand der Abb. 2 erreicht wird.

Diesem Idealzustand annähernd gleichwertig, aber frei von dessen beiden Nachteilen ist die Lösung der Abb. 3. Sie zieht alle bei Abb. 2 in und unter dem Bergscheitel liegenden Weichen hinter diesen zurück, läſst nur ungekrümmte Gleise über den Bergscheitel in die Steilrampe treten und bringt dabei einen Gewinn an verringerter Beifahrlänge von je 102 m gegenüber der mittleren Länge in Abb. 1, also nur 10 m weniger als bei Abb. 2. Die verkürzte Weichenstraſse wird dabei besser nicht angewandt, da infolge des Wegfalls der Zweibogenweiche der Anschluſs von Gleis 8 an Gleis 7 erfolgen muſs und hiermit ein längerer mittlerer Beifahrweg als

bei der büschelförmigen Gleisentwicklung entsteht. Die Anordnung der Abb. 3 ist noch einfacher als die der Abb. 2, weil nur Normalweichen angewendet werden. Für scharfen Betrieb und einigermafsen gleichmäfsige Belegung der Einfahrgleisgruppe gibt die vorgeschlagene Lösung die weitestgehende Möglichkeit, bei Dienstleistung mehrerer Abdrücklokomotiven die Züge ohne gegenseitige Behinderung schon während des Ablaufs ihres Vorgängers an den Ablaufpunkt heranzufördern und damit die Vorteile kurz folgender Abläufe — die Frohne in seinem oben genannten Aufsatz für Abrollanlagen klar nachweist — auch für Ablaufberge zu sichern.

Die Leistungsfähigkeit eines nach Abb. 3 angelegten Berges ist erheblich gröfser als bei Anlagen nach Abb. 1; denn die ersparten 100 m Beifahrweglänge bringen bei 120 Achsen starken Zügen einen Gewinn von je etwa 1,4 Minuten Beifahrzeit*), machen also schon bei einer Bergbelegung von täglich 42 Zügen eine volle Stunde Arbeitszeit für die eigentlichen Ablaufvorgänge verfügbar. Bei Belastung des Berges mit stündlich vier Zügen beträgt der Leistungsgewinn 10 %.

Diese Zahlen weisen den Konstrukteur von Verschiebeanlagen eindringlich darauf hin, sich des Einfahrgruppen-Gleiskopfes mit der gleichen Liebe anzunehmen, die er seit wenigen Jahren in steigendem Mafse der Richtungsgruppenentwicklung entgegenbringt. Selbst in Fällen, wo bestehende Anlagen einen Verbesserungsversuch nahezu hoffnungslos erscheinen lassen, können durch sorgfältige Planungsarbeit noch recht günstige Lösungen gefunden werden. Dies erläutern die Abb. 4 und 5 im zufällig herausgegriffenen Beispiel eines Bahnhofs im Ruhrgebiet: Trotz Einengung des Einfahrgruppenkopfes durch Strecken- und andere Bahnhofsgleise ergibt sich mit nur geringfügiger Änderung der letztgenannten eine Anordnung, die die mittlere Beifahrlänge von 186 m des Zustandes der Abb. 4 auf nur 93 m (Abb. 5) beschränkt. Den Ablaufbergleistungen kommt damit ein Zeitgewinn von $1^1/_4$ Minuten für jeden Zug zugute.

Ähnliche Fälle finden sich in reicher Zahl auf unseren Bahnhöfen. Wo Schwierigkeiten im Ablauf betrieb entstehen, werfe man deshalb auch einen Blick rückwärts nach der Einfahrgruppe. Auch dort, nicht nur unterhalb des Ablaufberges, sind vielfach der Leistungsfähigkeit des Berges, der Ausnutzbarkeit der Lokomotiven und häufig der wirtschaftlichen Arbeit des ganzen Bahnhofs Grenzen gezogen, die sich erfolgreich beseitigen lassen.

*) Verfasser, Verkehrstechnische Woche 1927, H. 15, S. 177/178.

Ein Beitrag zur Verwendung der autogenen Schmelzschweifsung im Bahnerhaltungsdienste.

Von Ing. Inspektor **Adolf Geiringer**, Bahnerhaltungssektion Budapest-Józsefváros der königl. ungarischen Staatseisenbahnen.

In Heft 19, Jahrgang 1926 dieser Zeitung erschien ein Bericht von Reichsbahnoberrat Perzl über die Anwendung der autogenen Schmelzschweifsung im Bahnerhaltungsdienste bei der Bauinspektion Weiden Opf.

Die Bahnerhaltungssektion Budapest-Józsefváros der königl. ungarischen Staatseisenbahnen hat solche Schweifsungen in vereinzelten Fällen durch Bestellung beim Werkstättendienste schon einige Jahre früher ausführen lassen. Im eigenen Betriebe wenden wir sie seit Januar 1923 regelmäfsig und überwiegend zu Zwecken an, die im Berichte Perzls blofs erwähnt oder gar nicht angeführt sind. Es dürfte daher erwünscht sein, unsere Erfahrungen als Ergänzung des genannten Berichtes zu veröffentlichen. Die darin bereits behandelten Verwendungsarten, die mit Ausnahme der Schwellenschweifsung fast alle auch bei unserer Bahnerhaltungssektion in Gebrauch sind, bedürfen keiner weiteren Erörterung und können daher im folgenden übergangen werden.

Zur Einführung der autogenen Schweifsung im eigenen Betriebe fühlten wir uns sozusagen genötigt, weil beständig die Notwendigkeit auftrat, gelockerte Gleitstühle und Drehpunktplatten an stark beanspruchten Weichen, deren Zahl auf unseren Linien bedeutend ist, hier oder dort zu befestigen. Wie bekannt, geben die Nieten an solchen schon nach Monaten nach, was zur vorzeitigen Abnützung der gelockerten Bestandteile und zu Einsenkungen an den Oberflächen der Längsplatten unter den gelockerten Stühlen führt. Hierdurch werden diese Längsplatten zu tadellosem Dienste bald ebenfalls ungeeignet. Es wurde daher seit 1923 an allen Weichen, deren Gleitstühle und Drehplatten gelockert waren, diese Bestandteile nicht blofs neugenietet, sondern auch noch autogen angeschweifst. Es bestand die begründete Erwartung, hierdurch weitere Lockerungen dieser Bestandteile in Zukunft zu verhindern, oder sie wenigstens auf längere Zeit hinauszuschieben. Wie bereits erwähnt, waren ja in vereinzelten Fällen solche Schweifsungen schon einige Jahre früher mit gutem Erfolge vorgenommen worden. Es ist selbstverständlich, dafs wir auf Grund derselben Überlegung auch an neuen Weichen vor ihrem Einbau die Anschweifsung genannter Bestandteile vornahmen. Anschweifsung ohne vorherige Annietung wurde auch versuchsweise nicht angewendet, weil dazu viel Eisen aufgeschweifst werden müfste. Dazu fehlt es aber schon an Raum, auch würden die Kosten verhältnismäfsig hoch. Von dem Wegfall des Nietens ist daher nicht viel Ersparnis zu erwarten.

Die Schweifsung wird so durchgeführt, dafs an beiden Enden der Stühle und Drehplatten Flufseisen angeschweifst

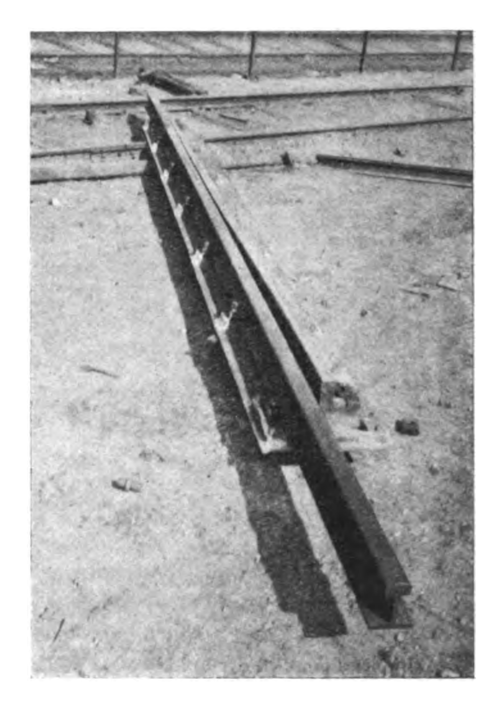


Abb. 1. Halbe Weiche. Gleisstühle und Drehpunktplatte sind angeschweifst.

wird (Abb. 1). Lockerungen an angeschweifsten Weichenstühlen sind blofs anfangs in ganz wenigen Fällen vorgekommen, und zwar deswegen, weil zu geringe Eisenmengen aufgeschweifst worden waren. Es liegen nunmehr bereits 129 solche geschweifste Weichen auf unseren Linien an Stellen besonders starker Beanspruchung. Darunter sind zwei, allerdings nicht im eigenen Betrieb geschweifst, die schon seit 1918 als Einfahrweichen

in Durchgangsgleisen einer Zwischenstation liegen und sowohl von Schnellzügen wie auch von Personen- und Güterzügen befahren werden, ohne dafs die geringste Lockerung an den Schweifsstellen aufgetreten wäre.

Nach diesen Erfahrungen glauben wir, dafs bei gut ausgeführter Anschweifsung und Beibehaltung auch der Nietung, eine Lockerung der Gleitstühle und Drehplatten an Weichen während deren ganzen Liegedauer im allgemeinem ganz unwahrscheinlich ist.

Die Wirtschaftlichkeit der Schweifsung ergibt sich aus folgendem:

Die Kosten der Schweifsung betragen laut Zahlentafel 64,99 Pengö. Bei neuen Weichen sind infolge der Schweifsung keine weiteren Mehrausgaben erforderlich.

Bei blofser Nietung fallen die Kosten der Schweifsung weg, wogegen jedoch nach jeder Lockerung eine neue Nachnietung erforderlich ist, deren Kosten jedesmal laut Zusammenstellung Zeile 5 und 6, $26{,}93 + 23{,}52 = 50{,}45$ Pengö betragen.

Angenommen, dafs eine Schweifsung an stark beanspruchter Weiche blofs zehn Jahre hält, was nach dem tadellosen Zustande der bisher neun Jahre liegenden geschweifsten Weichen mit Recht angenommen werden kann, und gesetzt, dafs während dieses Zeitraumes bei ungeschweifsten Weichen ein achtmaliges Nieten der gelockerten Stühle notwendig wird, ergibt sich eine zur Erhaltung notwendige Summe von $8 \times 50{,}45 = 403{,}60$ Pengö je Weiche für zehn Jahre.

Die durch die Schweifsung erzielte Ersparnis beträgt also je Weiche in zehn Jahren $403{,}60 - 64{,}99 = 338{,}61$, oder 33,86 Pengö jährlich.

In Wirklichkeit werden zwar die gelockerten Weichenstühle nicht so oft befestigt, denn sie bleiben solange im gelockerten Zustande, bis mehrere Stühle locker sind. Dies ergibt wohl eine Verminderung der Ausbesserungskosten, führt jedoch zu vorzeitiger Abnützung von Stühlen und Längsplatten, worauf schon oben hingewiesen wurde. Der Wert der verhältnismäfsig geringen Schweifsungskosten kann daher richtig nur nach obiger Berechnung eingeschätzt werden. Bei den 751 Weichen unserer Sektion, von denen wenigstens 200 an stark beanspruchten, daher nach obigem in Rechnung zu nehmenden Stellen liegen, ergibt sich auf unseren Linien eine jährlich erzielbare, immerhin beträchtliche Gesamtersparnis von ungefähr: $200 \times 33{,}86 + 551 \times 33{,}86 : 2 =$ rund 16,100 Pengö. Hierbei ist angenommen, dafs der Rest von 551 Weichen nur halb so stark beansprucht wird.

Wir glauben daher auf Grund unserer Erfahrungen die Anwendung der autogenen oder elektrischen Lichtschweifsung zur Befestigung der Gleitstühle und Drehplatten sowohl beim Neubau, als auch bei der Erhaltung von Weichen empfehlen zu können, wobei die gleichzeitige Nietung insolange anzuwenden ist, als kein verläfsliches Verfahren bekannt ist, das sie entbehrlich macht.

Eine weitere vorteilhafte Verwendung der autogenen Schweifsung ist das Zusammenschweifsen gebrochener Kreuzungsstücke, die nahe an ihrem Ende, wo die Stöfse der Anschlufsschienen liegen, oft entzweibrechen. Da solche Brüche auch an sonst noch ganz tadellosen Kreuzungsstücken vorkommen, die dadurch ganz unbrauchbar werden, ist das Zusammenschweifsen solcher wertvoller gebrochener Stücke von erheblichem Nutzen.

Wie aus Abb. 2 ersichtlich ist, handelt es sich hier um das Zusammenschweifsen von Stücken bedeutender Stärke, es ist daher bei dieser Arbeit mit gröfster Gewissenhaftigkeit vorzugehen, weil sonst durch ungleichmäfsiges Erwärmen oder Abkühlen leicht Brüche eintreten.

Von solchen wieder zusammengeschweifsten Gufsstücken liegen auf den Bahnhöfen unserer Sektion bereits acht Stück, (das älteste seit 1924), darunter mehrere an stark beanspruchten Stellen, ohne dafs sich an ihren Schweissstellen Mängel irgendwelcher Art gezeigt hätten. Brüche solcher geschweifster Stücke kamen blofs anfangs vor, weil unsere Facharbeiter noch nicht fertig eingerichtet waren.

Zahlentafel.

Nr.	Teilarbeit	Erfordert Aufwand					Kosten			Bisher Neuwert mit Abzug des Schrotwertes	Ersparnis	Bemerkungen
		Facharbeiter	Hilfsarbeiter	Stoffkosten: Carbid	Stoffkosten: Gas	Stoffkosten: Eisen	Lohn einschl. 20% Zuschlag	Stoffkosten einschl. 10% Zuschlag	Zusammen			
		Stunden	Stunden	kg	m³	kg	Pengö	Pengö	Pengö			
1	Anschweifsen der Gleitstühle und Drehpunktplatten, je 1 St. Weiche	11	12	46	21	7	13,88	51,11	64,99	—	—	Die Kosten der blofsen Nietung siehe unter Zeile 5
2	An der Zungenschiene abgebrochenes Eckstück anschweifsen	2	4	4	2	0,5	3,29	4,64	7,93	146	*) 89,50	*) Mit Abrechnung von 30% des Neuwertes als durchschnittlicher Abnützungswert
3	Zuschweifsen und Neubohren ausgeschlagener Löcher an Zungenverbindungsstangen	2	2	2	1	0,2	2,45	2,30	4,75	16,20	11,40	Neubohrung erfolgt mit Handbetrieb
4	Zusammenschweifsen eines gebrochenen Kreuzungsstückes aus Gufsstahl	8	16	60	40	6	13,15	91,34	104,49	320,50	*) 141,20	*) Mit Abrechnung von 30% des Neuwertes als durchschnittlicher Abnützungswert
5	Gelockerte Gleisstühle und Drehpunktplatten annieten, je 1 St. Weiche	6,5	13	8,6 *)	4,5 *)	10	9,79	17,14	26,93	—	—	*) Die alten Nieten werden auch hier mittels des Schweifsapparates entfernt
6	Ausbau und Wiedereinbau der Weiche behufs Ausbesserung, Auf- und Abladen	—	56	—	—	—	23,52	—	23,52	—	—	

Nach Zeile 4 der Zahlentafel beträgt das durch die Zusammenschweifsung eines bereits bis zu 30% des Neuwertes abgebrauchten Kreuzungsstückes erreichbare Ersparnis 141,20 Pengö je Stück. Die Kosten der Zusammenschweifsung

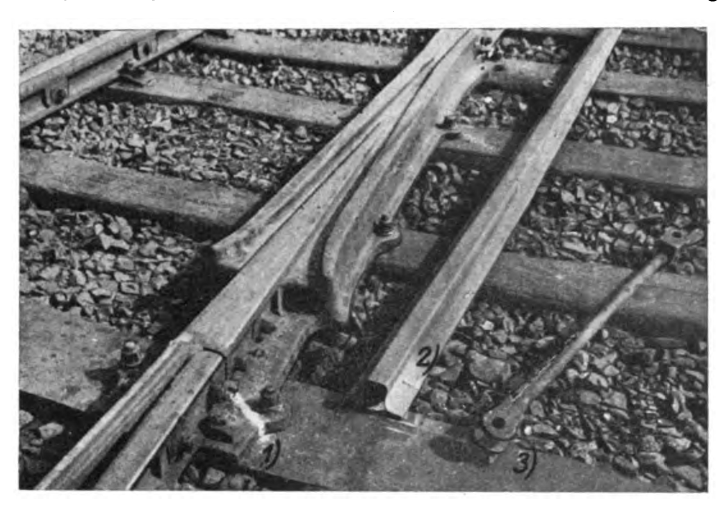


Abb. 2.
1) Durch autogene Schweifsung zusammengeschweifstes Kreuzungsstück. 2) Angeschweifste Zungenecke. 3) Zungenverbindungsstange mit ausgeschlagenen Löchern.

betragen 104,49 Pengö, während ein neues Kreuzungsstück abzüglich des Schrotwertes 320.50 Pengö kostet; daraus folgt, dafs die Schweifsung so lange wirtschaftlich ist, als die sonstige Abnutzung $^2/_3$ ihres zulässigen Grades nicht überschritten hat.

Weiter kann jedes beliebig abgenutzte Kreuzungsstück durch Auftragarbeit aufgefrischt werden; hierzu halten wir jedoch die autogene Schmelzschweifsung für nicht recht geeignet, weshalb wir mangels einer elektrischen Schweifsungseinrichtung stark abgenützte, gebrochene Kreuzungsstücke nicht mehr zusammenschweifsen.

In Abb. 2 ist eine Zungenschiene zu sehen, an der eine Schienenecke abgebrochen war und wieder angeschweifst wurde. Da diese Ecke der Schiene gerade den Punkt bildet, der durch Einpassen unter eine entsprechende Nase das Umkippen der Zungenschiene zu verhindern berufen ist, mufste bisher jede solche Zungenschiene, die einen derartigen Bruch erlitt, in den Schrot geworfen werden, selbst wenn sie sonst noch brauchbar war. Durch die Schweifsung werden, nach Zeile 2 der Zahlentafel rund 89,50 Pengö erspart, wenn die sonstige Abnützung der Zunge 30% des Neuwertes beträgt. Diese Schweifsung wird hier erst in neuerer Zeit betrieben; bisher sind nur wenige solcher Stücke kurze Zeit im Gebrauch, weshalb diesbezüglich noch nicht eingehender berichtet werden kann.

Ausgeschlagene Bohrungen erneuern wir durch Vollschweifsen der lang gewordenen Löcher, die dann neu gebohrt werden.

Solche Arbeiten werden hauptsächlich bei Weichenzungengestängen angewendet. Die Wirtschaftlichkeit solcher Schweifsungen ist aus Zeile 3 der Zusammenstellung ersichtlich, wonach die erreichte Ersparnis hier 11,40 Pengö für eine Verbindungsstange beträgt. Da die Notwendigkeit solcher Ausbesserungen sehr häufig ist, ergibt sich aus dieser Schweifsung eine beträchtliche Ersparnis.

Wir hoffen mit diesen Erfahrungen aus unseren bisherigen Arbeiten Anregungen für weitere erfolgreiche Arbeiten gegeben zu haben.

Berichte.

Werkstätten, Stoffwesen.

Beseitigung des Prämiensystems in den Ausbesserungswerkstätten der kanadischen Eisenbahn.

Nach der Vereinigung verschiedener Eisenbahngesellschaften in Canada unter dem Namen „Canadian National Railways" war es notwendig geworden, in den Ausbesserungswerkstätten eine einheitliche Bezahlung der Arbeiterschaft herbeizuführen. In verschiedenen Werkstätten gewährte man neben dem Arbeitslohn Prämien, die man nach bestimmten festen Tabellen berechnete. Die Vergütung erfolgte bei den einzelnen Dienststellen in verschiedener Höhe.

Zur Herbeiführung einer einheitlichen Entlohnung wurde im Jahre 1925 eine Kommission gewählt zum Studium der Frage, welche Bezahlungsart für den Arbeitgeber und Arbeitnehmer am vorteilhaftesten sei. Diese Kommission bestand zu gleichen Teilen aus Arbeitervertretern und Beamten.

Auf Grund der eingehenden gemeinsamen Studien der beiden Parteien kam man zu dem Ergebnis, dafs die Prämiensysteme für beide Teile gleich unvorteilhaft seien. Daher wurde ihre Beseitigung und eine allgemeine Lohnerhöhung für alle Arbeitnehmer um zwei Cents pro Stunde beschlossen.

Diese Entlohnung der Arbeiter wird seit Dezember 1926 durchgeführt. Die Gesamtausgaben der Verwaltung für Arbeitslöhne liegen etwas niedriger, als bei der alten Entlohnungsart.

Eine nähere Angabe über die Art der Prämienentlohnung und die Gründe der Nichtbewährung ist in dem Artikel nicht enthalten.

Bulletin, März 1927. Scherer.

Neues Schneidwerkzeug für Hilfszüge.

Bei Eisenbahnunfällen fehlte es bisher an geeigneten Einrichtungen zur Rettung verletzter Personen, die sich innerhalb zertrümmerter Wagen befanden und von aufsen nur durch gewaltsame Herstellung einer Öffnung in den Wagenwänden zu erreichen waren. Sofern es sich um Hindernisse aus Holz handelte, konnten Handsäge und Beil allenfalls helfen. Die Verkleidung aus Eisenblech von 2 bis 3 mm Stärke war jedoch nur mit dem Schneidbrenner zu entfernen. Hierbei war es unvermeidlich, dafs die Stichflamme des Brenners selbst oder Rauch- und Schwelgase, die sich bei der Erzündung oder Erhitzung der unter dem Eisenblech befindlichen Holzteile entwickelten, den Verletzten in ernstliche Gefahr brachten (Brandwunden, Erstickung).

Es ist nunmehr gelungen, einen Prefsluftmeifsel herzustellen, mit dem in kürzester Zeit auch die stärksten Bekleidungsbleche der Personenwagen glatt durchschnitten werden können, so dafs schnellstens eine Öffnung hergestellt wird, durch die der Verletzte aus dem Wagen befreit werden kann. Die ursprünglich vorhandenen Bedenken, dafs der Zustand von Schwerverletzten durch das Geräusch des arbeitenden Meifsels und etwa auftretende Erschütterungen verschlimmert werden könnte, haben sich als nicht stichhaltig erwiesen (auch nach ärztlichem Gutachten).

Der Hilfszug Wanne (Reichsbahn-Maschinenamt Essen 1) ist als erster mit einer Anzahl derartiger Meifsel ausgerüstet. Die Meifselform ist aus nebenstehender Skizze ersichtlich. Von besonderer Bedeutung ist die richtige Ausbildung der Fläche a, die das Aufrollen des Spans bewirkt.

a

Meifsel für Prefslufthämmer zum Aufschneiden der Blechverkleidung an den Eisenbahnwagen.

Der Meifsel ist doppelseitig ausgeführt, damit beim etwaigen Stumpfwerden einer Seite nach längerer Arbeit sofort die andere Seite benutzt werden kann, ohne dafs ein Auswechseln des Werkzeuges nötig ist.

Der Prefsluftmeifselhammer, der sich für das Zerschneiden der Bleche am besten eignet, besitzt ein Gewicht von zirka 5 kg. Die Arbeitsgeschwindigkeit des Meifsels beträgs 3 cm pro Sekunde bei 2 mm Blechstärke, übersteigt also die Arbeitsgeschwindigkeit eines Schneidbrenners beträchtlich; die Schnittflächen sind durchaus glatt. Zur raschen Entfernung der Holzteile werden elektrisch angetriebene Bohrer und eine Kreissäge verwendet.

Reichsbahnrat Haldy, Essen.

Allgemeines.

Eine neue bolivianische Eisenbahnverbindung.

Vor kurzem sind Verhandlungen zwischen argentinischen Unternehmern und der bolivianischen Regierung zum Abschluſs gekommen, wobei die beteiligten argentinischen Firmen den Auftrag übernommen haben, eine Eisenbahnverbindung von etwa 203 km Länge von Atocha nach Villazon zu bauen. Die Spurweite wird 1 m entsprechend in Bolivian üblichem Maſs betragen. Zwischen Atocha und Tubiza, der bedeutendsten Stadt an dieser Linie, etwa auf halbem Wege der Strecke gelegen, folgt die Streckenführung einzelnen Fluſsläufen, erst der Alleta, dann dem Chorro und schlieſslich dem Chalviri. Sowohl der Chorro wie der Chalviri flieſsen in ziemlich steilen Wildbachbetten, die die neue Eisenbahn überwinden muſs. In einer Länge von 65 km machen sich mehrfach recht schwierige Streckenkonstruktionen nötig. 10 km dieser Strecke erfordern ausgedehnte Erdarbeiten, wobei je 1 km etwa 90 000 m³ Erde zu bewegen sind. Südlich von Tubiza läuft die Eisenbahn im Tal des Chalviri-Tolima Fluſs bis zu dem kleinen Ort Nazareno. Von da führt der Schienenweg in 30 km stetiger bedeutender Steigung auf das Altiplano und dann über eine wellenförmige Hochebene bis nach Villazon. Die Linie liegt zwischen 9500 bis 14 000 Fuſs über dem Meeresspiegel. Die gröſste Steigung beträgt etwa 3⁰/₀, die schärfste Streckenkrümmung im allgemeinen 11⁰ mit Ausnahme im Distrikt des Chorro Quebrada, wo 14 Gradkurven vorgesehen sind. Diese Begrenzungs- bzw. Bemessungsgrundsätze entsprechen denen der bolivianischen Eisenbahn, die bis nach Atocha führt. Die Schwellen bestehen entweder aus Quebrachoholz oder aus Douglasfichte. An Quebrachoholzschwellen sind auf den Kilometer etwa 1500 vorgesehen, während die Kilometerstrecke bei Douglasfichtenmaterial mit 1800 Schwellen unterbaut wird. In besonders scharfen Kurven wird der normale Schwellenbau durch 200 Zusatzschwellen für den Kilometer noch besonders gestützt. Zur Befestigung der Schwellen sollen ausnahmslos Schwellenschrauben zur Verwendung kommen. Die Überführung über den Tolima erfordert ziemlich schwierige Brückenbauten. Für die Überbrückung sind vier 20 m lange Brückenbogen erforderlich. Zur Stützung der Bahnbrückenbauten werden hauptsächlich groſse Stützpfeiler aus Stein errichtet, die oben durch Eisenbeton verstärkt werden. In den ersten 15 km der Strecke kurz hinter Atocha werden die drei dort erforderlichen Brückenpfeiler aus Holz ausgeführt, weil in diesem Gebiete Steinmaterial nicht zur Verfügung steht. M-r.

Lokomotiven und Wagen.

Die Still-Lokomotive von E. Kitson-Clark.

Schon seit Jahren beschäftigt man sich in England sehr lebhaft mit dem Entwurf einer brauchbaren Lokomotive nach dem Still-Verfahren, d. h. mit vereinigtem Diesel- und Dampfantrieb*). E. Kitson-Clark tritt neuerdings mit einem Entwurf an die Öffentlichkeit, der zwar erst im Bau begriffen und daher noch nicht erprobt und noch stark umstritten ist, der aber andererseits doch auf Grund eingehender Modellversuche durchgearbeitet wurde und daher immerhin wesentlich mehr Beachtung verdient als die meisten anderen derartigen Entwürfe.

Zwei Gedanken haben den Weg zum Still-Verfahren gewiesen. Einerseits ist es bis heute noch nicht gelungen, einen Dieselmotor zu schaffen, der die für den unmittelbaren Antrieb einer Lokomotive erforderliche Anpassungsfähigkeit besitzt und damit die durchweg mehr oder weniger teuren, schweren und unwirtschaftlichen Übersetzungsmittel ausschalten würde. Die Dampflokomotive besitzt diese Anpassungsfähigkeit im höchsten Maſs; es lag daher gerade für den Lokomotivkonstrukteur nahe, die Vorteile der Dampfmaschine mit denen des Dieselmotors zu vereinigen. Dabei muſste sich auf der anderen Seite noch als zweiter Vorteil die Möglichkeit ergeben, die in den Abgasen und im Kühlwasser der Verbrennungsmaschine verfügbare Wärmemenge nutzbar zu verwerten. Allerdings darf man dabei nicht übersehen, daſs ein Hauptvorteil der Diesellokomotive, nämlich die Tatsache, daſs bei ihr der Kessel als der empfindlichste Teil der Dampflokomotive wegfällt, bei Anwendung des Still-Verfahrens wieder teilweise verloren geht.

Die in Textabb. 1 dargestellte Still Lokomotive von Kitson-Clark besitzt die Achsanordnung 1 C 1; der Achsdruck der Kuppelachsen beträgt 17 t. Die Abmessungen sind so gewählt, daſs die Lokomotive für den üblichen Personenzugdienst der englischen Bahnen Verwendung finden kann. Die vorgesehene Zugkraft soll 11 000 kg bei einer Geschwindigkeit von 10 km/h, 3200 kg bei einer solchen von 70 km/h betragen.

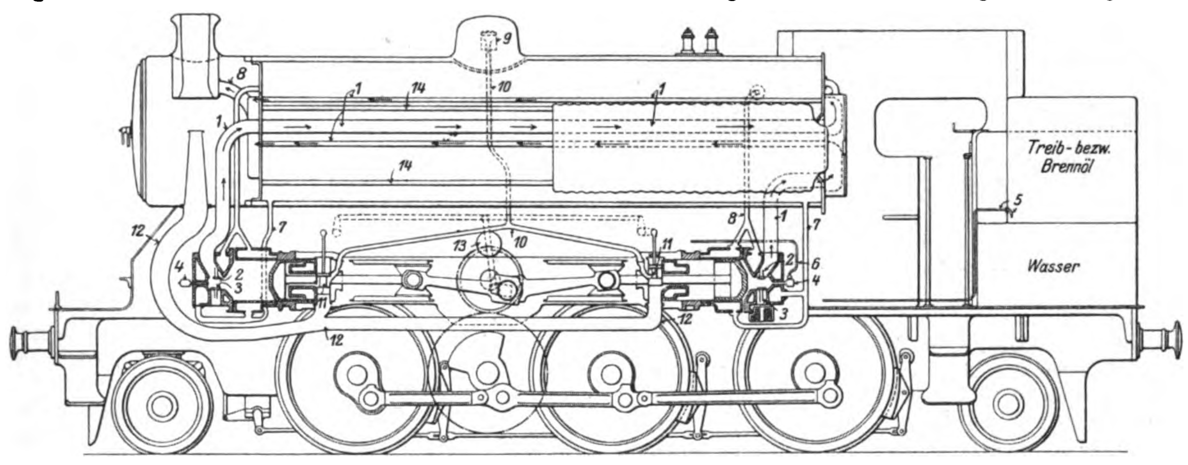


Abb. 1. Kitson-Still-Lokomotive.

1 Auspuffrohr für Verbrennungsmaschine.
2 Auslaſsventil für „
3 Einlaſsventil für „
4 Brennstoffventil für „
5 und 6 Zuleitungen für Brennstoff.
7 Kühlwasserzuleitung.
8 Kühlwasserableitung.
9 Dampfregler.
10 Dampfeinströmrohr.
11 Kolbenschieber für Dampfmaschine.
12 Dampfausströmrohr.
13 Neuerung für Dampfmaschine.
14 Heizrohre

Beim Entwurf der Lokomotive wurde die unmittelbare Kraftübertragung von der federnd gelagerten, hin- und hergehenden Antriebsmaschine auf die Räder mit Hilfe von Treib- und Kuppelstangen angestrebt, weil mit ihr der beste Wirkungsgrad zu erwarten war; die Zwischenschaltung eines Zahnradvorgeleges lieſs sich aber nicht umgehen, wenn man nicht mit den Zylinderabmessungen und Kolbendrücken Schwierigkeiten bekommen wollte. Sämtliche acht Zylinder arbeiten jetzt in zwei, vorn und hinten liegenden Gruppen von je vier Stück auf eine Kurbelwelle mit vier Kurbelarmen, die beiderseits im Hauptrahmen gelagert ist. Ebenfalls im Hauptrahmen gelagert ist eine Blindwelle, auf die das Vorgelege

*) Organ 1924, S 43.

arbeitet. Die Bewegungen des Federspiels werden erst von den Kuppelstangen zwischen Blindwelle und Kuppelachsen aufgenommen.

Textabb. 2 zeigt die Einzelheiten der Getriebeanordnung im Querschnitt. Das obere, treibende Zahnrad ist als Mittelstück zwischen die beiden Hälften der Kurbelwelle eingesetzt; das untere, angetriebene ist auf die Blindwelle aufgesetzt, sein Zahnkranz ist gefedert. Das ganze Getriebe ist in ein Gufsgehäuse eingeschlossen; alle Teile stehen unter Prefsölschmierung. Das abtropfende Öl wird am Boden des Gehäuses gesammelt, gereinigt, gekühlt und wieder verwendet. Das Übersetzungsverhältnis der Zahnräder beträgt 1,878 : 1. Seine Festlegung bot mancherlei Schwierigkeiten insofern, als man Rücksicht nehmen mufste auf die Einhaltung der Umgrenzungslinie, insbesondere hinsichtlich des Abstandes von der Schienenoberkante, auf geeignete Schwerpunkthöhe usw., während andererseits nach oben zu der Kessel hindernd im Weg lag. Nach der Wahl der Übersetzung konnten schliefslich die Zylinderabmessungen mit je 343 mm Durchmesser und 394 mm Hub bestimmt werden.

Nachdem die Lokomotive in ihrer Form und den Hauptabmessungen festgelegt war, entschlofs man sich eine Versuchsmaschine zu bauen, an welcher die Einzelheiten der Maschine, die zweckmäfsigste Zylinderform, die Bauart der Ventile usw. auf Grund eingehender Versuche durchgebildet werden sollten. Die Versuchsanlage erhielt nur einen Still-Zylinder, dazu ein 15 t schweres

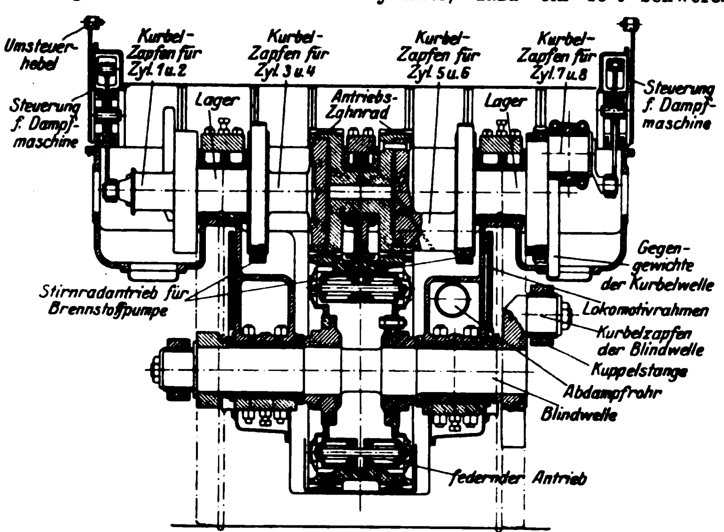


Abb. 2. Einzelheiten der Getriebeanordnung im Querschnitt.

Schwungrad. Das Kühlwasser des Zylinders stand in Verbindung mit einem kleinen, stehenden Dampfkessel. Die Abgase der Verbrennungsmaschine wurden aber abweichend vom Plan für die Lokomotive zum Zweck besserer Beobachtungsmöglichkeit nicht zur Kesselheizung verwertet. Diese Anlage wurde mit 30 bis 450 Umdr./Min. im Verbrennungs- und Dampfteil solange eingehend untersucht und immer wieder abgeändert, bis schliefslich die geeignetste Form gefunden war.

Die Verbrennungsmaschine arbeitet im Viertakt ohne Kompressor und ist umsteuerbar. Die Brennstoffpumpe wird von der Kurbelwelle aus über Stirnräder durch eine Nockenwelle angetrieben. Die Dampfseite besitzt eine Steuerung nach Hackworth. Bei ihr wird die Steuerbewegung von einer am Kurbelzapfen sitzenden Gegenkurbel auf einen zweiarmigen Hebel übertragen. Der Drehpunkt dieses Hebels ist als Stein in einer Schwinge gelagert und seine Stellung in der Schwinge bestimmt die Füllung und Bewegungsrichtung. Beim Anfahren soll die Füllung 75% betragen, im Regellauf dagegen nur 6%. Mit dieser Füllung kann der mit den Auspuffgasen erzeugte Dampf gerade verwertet werden. Die symmetrische Anordnung der Zylinder, die innerhalb jeder Maschinenseite um 180°, zwischen den beiden Gruppen um 90° versetzt sind, gestattet es, mit insgesamt nur zwei Steuerungsgetrieben für sämtliche acht Zylinder auszukommen. Der ganze Antrieb samt der Steuerung liegt in dem schon erwähnten Gufsgehäuse mit Prefsölschmierung.

Der Kessel ist so einfach als möglich durchgebildet worden. Er dient zunächst als Erzeuger des zum Anfahren erforderlichen Dampfes mittels einer Ölfeuerung. Sein Wasserraum steht aufserdem mit dem Kühlwasser der Zylinder in Verbindung und schliefslich geben auch die Abgase in einem besonders eingebauten Rohrbündel noch einen Teil der in ihnen enthaltenen Wärmemenge in ihm ab, wobei zugleich das Auspuffgeräusch gedämpft werden soll.

Die Heizfläche der Ölfeuerung besteht aus einer Wellrohrfeuerbüchse und einem zur Rauchkammer führenden Rohrbündel in ähnlicher Anordnung wie beim Regellokomotivkessel. Die Feuerung ist nur beim Anfahren und bei starker Beanspruchung der Lokomotive in Tätigkeit; im übrigen bleibt nur eine Zündflamme eingeschaltet. Die Feuerbüchse ist allseitig geschlossen; die erforderliche Luft wird vorgewärmt mittels Ventilators zugeführt. Die Abgasheizfläche ist von der Heizfläche der Ölfeuerung getrennt. Die Abgase der vier vorderen Zylinder gehen durch zwei weite, rechts und links im Kessel liegende Rohre von vorn nach hinten und dann durch ein Bündel engerer Rohre wieder nach vorn zur Rauchkammer; der Auspuff der vier hinteren Zylinder tritt hinten in ein Rohrbündel ein und geht ebenfalls nach vorn. In der Rauchkammer schliefsen beide Bündel an einen besonderen Sammelbehälter an, von dem die Gase durch den ringförmigen Schornsteinmantel entweichen. Die Trennung von der eigentlichen Rauchkammer soll vermeiden, dafs eine etwaige Blasrohrwirkung der Abgase die Ölfeuerung beeinflufst oder, wenn nur die Zündflamme brennt, diese zum Erlöschen bringt. Durch die Verbindung des Kesselwassers mit den Kühlmänteln der Zylinder wird ein Wasserkreislauf gebildet, der die Dampferzeugung nachhaltig unterstützt. Die Dampferzeugung der Verdampfungsheizfläche wird zu 3600 kg/h angegeben.

Die Beschränkung durch die Umgrenzungslinie liefs es nicht zu, dafs für jeden Zylinder an der Kurbelwelle ein besonderer Arm, im ganzen also acht, vorgesehen werden konnte. Es wurden daher, wie schon oben erwähnt, jeweils zwei gegenüberliegende Zylinder an einen Kurbelarm angeschlossen, so dafs man eine vierfach gekröpfte Welle erhielt, die dafür recht kräftig ausgeführt werden konnte. Wie aus Abb. 1 ersichtlich, liegt die Dampfseite der Zylinder gegen die Mitte der Lokomotive, die Verbrennungsseite gegen die Lokomotivenden zu.

Die Bedienung der Lokomotive ist möglichst einfach vorgesehen. Der Führerstand enthält einen Dampfregler, einen Ölregler, eine gemeinsame Umsteuerung, die üblichen Handgriffe für die Luftsaugebremse, einen Zylinderhahnzug und den Handgriff für den Sandstreuer. Die Strahlpumpen und die Handbremse werden vom Mitfahrer bedient. Zum Anfahren (im warmen Zustand) wird die Dampfsteuerung auf gröfste Füllung ausgelegt und damit zugleich die Verbrennungsmaschine eingestellt; dann wird die Ölfeuerung angestellt und der Regler geöffnet. Nach einigen Umdrehungen wird der Dampfzutritt verringert und die Verbrennungsseite tritt allmählich in Wirksamkeit. Bei Geschwindigkeiten über 10 km/h kann, sofern keine gröfsere Leistung verlangt ist, der Dampf auch ganz abgesperrt bleiben. Vor dem Anhalten wird umgekehrt zunächst die Verbrennungsseite ausgeschaltet, sodann, falls mit Dampf gefahren wird, dieser abgestellt.

Die Beschaffungskosten der neuen Lokomotive werden voraussichtlich wesentlich höher sein, als bei einer Dampflokomotive. Dies ist in Anbetracht der vielen neuen Teile nicht zu vermeiden; immerhin wird beispielsweise der Kessel infolge seiner einfachen Bauart billiger sein als bisher. Dafür rechnet Kitson-Clark mit geringeren Unterhaltungskosten; insbesondere glaubt er in den Werkstätten die schweren Hebezeuge vermeiden und mit einem 6 t-Kran (entsprechend dem Gewicht des Kessels als des schwersten Teiles) auskommen zu können, sofern man für das Aufbringen der ganzen Lokomotive auf die Räder Hebeböcke verwendet. Wenn aber auch der Kessel der vorliegenden Lokomotive nur 6 t wiegt, so mufs doch für die heutigen Lokomotivleistungen mit mindestens doppelt so grofsen Lokomotiven gerechnet werden; der Kessel wird dann ebenfalls entsprechend schwerer werden.

Der Brennstoffverbrauch soll bei den Vorversuchen nie mehr als 167 g/PSih betragen haben. Man wird nun allerdings im Lokomotivbetrieb nicht die gleich günstigen Werte erzielen können, wie auf dem Prüfstand; dafür sind die Laufzeiten meist zu kurz und die verlangten Leistungen zu ungleichmäfsig. Kitson-Clark nimmt einschliefslich des Verbrauchs für die Kesselfeuerung einen Gröfstverbrauch von 180 g/PSih für Streckenfahrten an und rechnet damit, dafs seine Lokomotive für eine jährliche Fahrtleistung von 55000 km etwa für 10000 RM Brennstoff verbrauchen wird, d. h.

die Hälfte einer Dampflokomotive; der Wasserverbrauch soll etwa den zehnten Teil einer Dampflokomotive betragen. Wie weit diese Annahmen zutreffen, werden erst die Versuchsfahrten zeigen müssen, die in einigen Monaten aufgenommen werden sollen.

Im folgenden sind noch die Hauptverhältnisse der Lokomotive zusammengestellt:

Anzahl und Arbeitsweise der Zylinder	8 Stck. Viertakt
Zylinder: Durchmesser und Hub	343×394 mm
Übersetzungsverhältnis	1,878 : 1
Regelumdrehungszahl der Maschine	450 Umdr./Min.
Entsprechende Lokomotivgeschwindigkeit	73 km/h
Gröfste Leistung der Verbrennungsseite allein	1 000 PSi
„ „ „ Verbrennungs- und Dampfseite zusammen	1 200 „
Ölfeuerung:	
Anzahl der Rohre	119 Stck.
Durchmesser der Rohre, aufsen	44 mm
Rohrlänge	2 743 „
Heizfläche der Rohre	45,5 m²
„ „ Feuerbüchse	6,7 „
„ „ Ölfeuerung — im Ganzen —	52,2 „
Rauminhalt der Feuerbüchse	1,1 m³
Abgasheizung:	
Anzahl der Rohre	36 und 2 Stck.
Durchmesser der Rohre, aufsen	70 und 165 mm
Rohrlänge	5 283 „
Heizfläche der Abgase	47,0 m²
Vorrat an Wasser	4,5 m³
„ Brennstoff	1,8 „
„ Schmieröl	0,385 „

(Engineering 1927, Nr. 3196 und 3197.) R. D.

Neuerungen im mechanischen Aufbau elektrischer Schnellzuglokomotiven.

Bei der Eröffnung der elektrifizierten Strecke Paris-Vierzon ist die Fachwelt erneut auf die grofse Leistungsfähigkeit elektrischer Schnellzuglokomotiven aufmerksam gemacht worden. Die von der schweizerischen Lokomotivfabrik Winterthur gelieferte Lokomotive vom Typ 2-A_4-2 legte die Strecke Vierzon-Paris in 1 Stunde 57 Minuten mit einer Durchschnittgeschwindigkeit von 105 km/Std. zurück, während eine Höchstgeschwindigkeit von 125 km/Std. auf längere Strecken eingehalten wurde. Solche Leistungen wurden bisher von keiner Schnellzuglokomotive in Europa erreicht. Die für eine maximale Geschwindigkeit von 130 km/Std. gebaute Lokomotive ist mit dem Einzelachsantrieb Bauart Brown Boveri & Cie ausgerüstet.

Eine wesentliche Neuerung dieser Maschine besteht in der Verbindung des Drehgestelles mit dem Fahrzeugrahmen mittels federnder Zwischenglieder (Abb. 1). Diese Anordnung bezweckt, die Schlingerbewegungen des Drehgestelles bei Fahrt in der Geraden zu unterdrücken. Zu diesem Zwecke ist der mit dem Fahrzeugrahmen fest verbundene Zapfenträger A beiderseits mit je zwei spitzwinklig gegeneinander stehenden schiefen Ebenen B und C versehen. Auf diesen rollen sich die an Hebelpaaren befestigten Rückstellrollen ab, die die Verbindung zwischen Zapfenträger und Drehgestell bilden. Die Rückstellfedern D und E wirken somit unter Zwischenschaltung der zangenartigen Hebelpaare F und G, so dafs bei allen Seitenausschlägen die Rückstellkraft nahezu konstant bleibt. Eine Drehung des Drehgestelles erzeugt Federkräfte, die seine Rückstellung in die Mittellage anstreben. Mittels geeignet angebrachter Anschläge, die das freie Spiel in der Mittellage der Hebelpaare F und G begrenzen, werden diese Rückstelldrehmomente praktisch aufgehoben und durch eine seitlich wirkende Kraft ersetzt, sobald die Drehung von einer seitlichen Verschiebung des Drehgestelles begleitet wird, also bei der Einfahrt in die Kurven. Der in der Abbildung zu sehende Lappen H diente Versuchen über eine andere Lage des Drehzapfens.

Für die Schweizerischen Bundesbahnen wurde in Winterthur eine neue Schnellzuglokomotive entworfen, die vor kurzem dem Betriebe übergeben worden ist. Sie ist bestimmt für die Beförderung schwerer Schnellzüge, für die die Leistung der normalisierten 2-A_3-1 Lokomotive nicht mehr genügt. Im Aufbau ist sie dieser nachgebildet, besitzt allerdings vier Triebachsen, während ihre Leistungsfähigkeit gegenüber der früheren um 33% vergröfsert ist. Die Höchstgeschwindigkeit ist von 90 auf 100 km/Std. erhöht worden. Neben dem BBC-Antrieb wurde die erste Lokomotive dieser Gattung versuchsweise mit dem sogenannten „Java“-Drehgestell ausgerüstet, das sich besonders für grofse Fahrgeschwindigkeiten auf kurvenreichen Strecken bewährt hat*). Bei dieser Anordnung ist eine Endtriebachse und die ihr vorgesetzte Laufachse zu einem Drehgestell vereinigt, dessen Drehzapfen unmittelbar hinter die Triebachse verlegt ist (Abb. 2). Das Drehgestell ist mittels Kugelzapfen an einer Querverbindung des Hauptrahmens angelenkt,

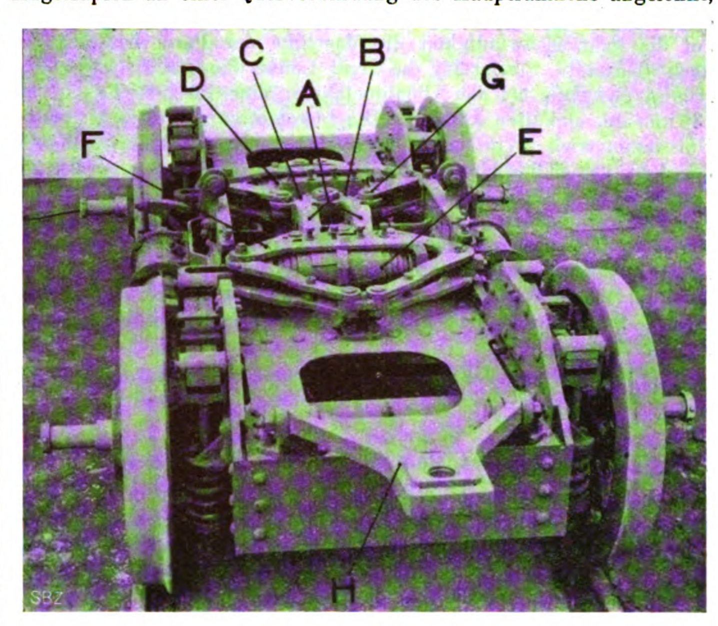


Abb. 1. Laufräder-Drehgestell der Lokomotive der Paris-Orléans Bahn.

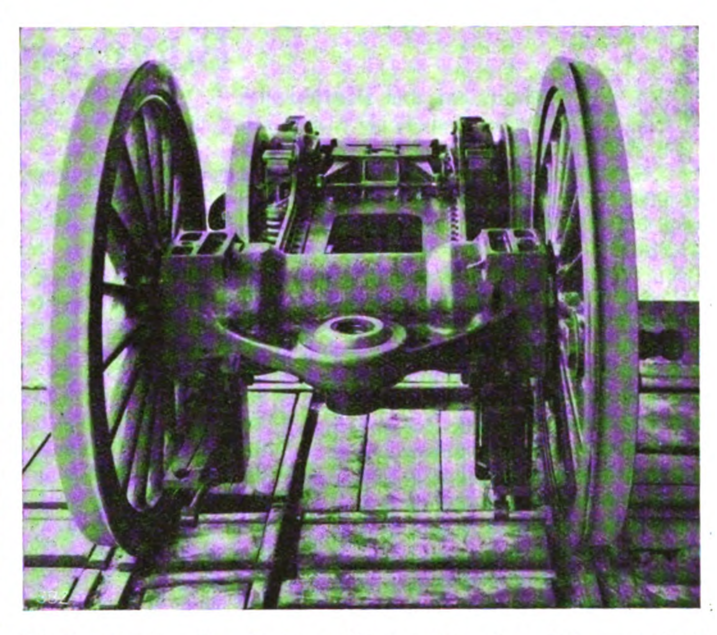


Abb. 2. Sogen. „Java-Drehgestell“ der Schweizer Lokomotivfabrik Winterthur.

so dafs es sich um diesen Punkt, innerhalb gewisser Grenzen, frei bewegen kann. Nicht nur die Laufachse, sondern auch die Triebachse erfährt somit in der Kurve eine gewisse Abdrehung gegenüber der Lokomotiv-Mittelebene und pafst sich unabhängig vom Hauptrahmen der Gleiskrümmung an. Das „Java“-Gestell verhält sich somit in bezug auf den Lauf genau gleich wie ein gewöhnliches Drehgestell. Als Neuerung gegenüber der bisherigen Ausführung

*) Diese Neuanordnung fand ihre erste Anwendung im Jahre 1924 für Schnellzuglokomotiven der Niederländisch-Indischen Staatsbahnen auf Java, woher die Typenbezeichnung stammt.

ist die Laufachse im Drehgestell selbst als Adamsachse ausgebildet; sie kann somit, gegenüber dem Drehgestell, einen zusätzlichen seitlichen Ausschlag ausführen und schmiegt sich dementsprechend für sich der Kurve an. Daraus ergibt sich beim Kurvenlauf das denkbar beste Anliegen der Spurkränze beider Achsen an die Schiene und dementsprechend bedeutend geringere Abnutzung von Rad und Schiene. In Winterthur sind gegenwärtig 22 Maschinen dieser Gattung Ae 4/7 im Bau.

Als weiterer bemerkenswerter Typ befindet sich gegenwärtig eine breitspurige Schnellzuglokomotive in Ausführung, die in bezug auf die Fahrgeschwindigkeit die Maschine der Paris-Orléans-Bahn noch übertrifft. Sie ist für die Great Indian Peninsula Railway bestimmt und mufs bei den Abnahmefahrten eine Geschwindigkeit von 136 km/Std. einhalten können. Die Lokomotive ist mit dem neuen Universalantrieb „Winterthur" ausgerüstet, einem Einzelachsantrieb, der dank seiner Anordnung sich sowohl für Güterzug- als auch für Schnellzugmaschinen eignet. Mit Rücksicht auf die verlangte hohe Fahrgeschwindigkeit mufste der Ausbildung des Laufwerkes besondere Aufmerksamkeit geschenkt werden. Deshalb wird auch diese neueste Type mit dem bereits erwähnten „Java"-Gestell ausgerüstet, während am anderen Ende der Maschine das bei der P.O.-Lokomotive nun erprobte Drehgestell „Winterthur" zur Anwendung kommt.

(Mitgeteilt von der Schweizer. Lokomotiv- und Maschinenfabrik Winterthur.)

Versuche der dänischen Staatsbahnen mit Wärmeisolationsmitteln.

In der Versuchsanstalt der dänischen Staatsbahnen in Kopenhagen wurden bemerkenswerte Versuche über den Wärmeisolationswert verschiedener Stoffe und Stoffzusammenstellungen gemacht, die vor allem den Zweck hatten, die Erhöhung der Wärmeisolation durch Zurückwerfen der auf die Wände treffenden Wärmestrahlung festzustellen.

Die Versuche bezogen sich auf niedrige Wärmegrade und geringere Wärmeunterschiede (Bau- und Kühltechnik), auf höhere Wärmegrade und gröfsere Wärmeunterschiede (Kessel, Dampfrohre usw.) und endlich auf Versuche an Eisenbahn-Kühlwagen.

Für die Versuche mit niedrigen Temperaturen war eine für elektrische Erwärmung eingerichtete Wärmekammer hergestellt, bei der ein Wandteil von 0,6/0,6 m zur Einbringung des Versuchsstoffes auswechselbar war. Die Versuche wurden im übrigen bei Zimmerwärme ausgeführt.

Es zeigte sich, dafs eine halbblanke galvanisierte Eisenplatte ungefähr ebenso gut isolierte wie eine dichte Wand von gehobelten und gefalzten Brettern von 22 mm Stärke. Dafs schwarzes Eisenblech mit Walzhaut nicht schlechter isoliert als 0,8 mm starke Dachpappe, ist auf den bedeutenden Übergangswiderstand zwischen festen und luftförmigen Stoffen, wenn die Luft in Ruhe ist, zurückzuführen. Blankes, verzinntes Eisenblech isoliert wesentlich besser als eine doppelte Lage Wellpappe.

Auch die Versuche mit Isolierung bei höheren Wärmegraden und gröfseren Wärmeunterschieden (Kessel usw.) zeigten einen bedeutenden Isolationswert der spiegelnden Flächen. Jede Isolation mit schlechten Wärmeleitern kann bei Umschliefsung mit spiegelnden Flächen wesentlich verbessert werden, besonders wenn die zwischen- und umliegende Luft am Umlauf und an der Erneuerung gehindert wird.

Auf Grund der Prüfungsversuche wurde in der Zentralwerkstätte in Kopenhagen in den hohlen Wänden eines Kühlwagens eine Isolation mit reflektierenden Wandflächen angebracht und zwar wurde die Seitenwand folgendermafsen hergestellt: aufsen Verkleidung aus 22 mm starken Brettern, dann eine Lage Teerpappe, 15 mm Luftschicht, Fläche aus beiderseits blankem Weifsblech, wieder 15 mm Luftschicht, eine Lage Wellpappe, die Wellen nach innen, eine Lage Aluminiumfolie 0,009 mm, wieder 15 bis 20 mm Luftschicht, eine Lage Teerpappe und zuinnerst wieder Holzverschalung. Das Isolationsergebnis wurde mit dem gewöhnlichen Kühlwagen mit Korkplatten verglichen und durch Schaulinien dargestellt. Es zeigte sich ein wesentlicher Vorzug der neuen Isolierung, die in der Folge noch weiter verbessert werden wird. Dr. Saller.

(Ingenioeren 1927, Heft 2.)

Buchbesprechungen.

Tolkmitt, Bauaufsicht und Bauführung, 3. Band, 5. Auflage, Berlin 1927, Verlag von Wilhelm Ernst und Sohn, Preis geb. 8,70 RM.

Nach dem Untertitel sollen „Berechnung und Ausführung von Ingenieurbauten" den Inhalt des Buches bilden, wobei unter Berechnung offenbar nicht die formgebende, sondern die wirtschaftliche Berechnung gemeint ist. Am reinsten kommt dieses Ziel in dem ersten, umfangreichsten Abschnitt über Wasserbau zum Ausdruck, der sachgemäfs in die Unterabschnitte Allgemeines, Vorbereitung der Bauausführung (nebst Kostenanschlägen), Bauausführung, Abnahme und Abrechnungen sowie schliefslich Unterhaltungsarbeiten gegliedert ist. Im Abschnitt Eisenbahnbau sind vornehmlich die Gleisarbeiten aus der Gestaltung des Oberbaues und der Gleisverbindungen entwickelt, die sonstigen Abschnitte über Strafsen- und Wegebau, Be- und Entwässerung der Städte und über Brückenbau sind eigentlich nur kurzgefafste Lehrhefte dieser Baufächer ohne Erschöpfung der Baudurchführung. Die Einteilung des Stoffes hätte entschieden gewonnen, wenn die Darlegungen über Bauaufsicht und Bauführung nicht im ersten Abschnitt untergebracht worden wären, sondern als allen Sonderfächern gemeinsam in allgemeiner Darstellung als selbständiger Abschnitt vorangestellt worden wären. Da aber das Schrifttum über Baubetrieb und Bauwirtschaft für den Bauingenieur nicht allzu reich bestellt ist, das Büchlein auch auf seinen 294 Seiten von Taschenbuchgröfse zahlreiche praktische Winke enthält, sei sein Gebrauch immerhin empfohlen. Dr. Bl.

The British Steam Railway Locomotive 1825—1925 von E. L. Ahrons. 1927. Verlag der Locomotive Publishing Company Limited London, 30 Schilling.

Eine umfassende auf Grund reichen Materials von einem führenden Fachmann ausgearbeitete Darstellung des englischen Dampflokomotivbaues in seiner Entwicklung. Das Werk zeigt sich auch äufserlich in guter Ausstattung und ist mit 480 Abbildungen versehen.

Zähigkeitsmessungen an Flüssigkeiten und Untersuchungen von Viskosimetern. Von Dr. Ing. S. Erk, Forschungsheft 288. Gr. 8⁰, IV/54 Seiten mit 27 Abbildungen und 11 Zahlentafeln. 1927. Preis broschiert RM. 6.—, für VDI-Mitglieder RM. 5.40. (VDI-Verlag G. m. b. H., Berlin NW 7, Dorotheenstrafse 40).

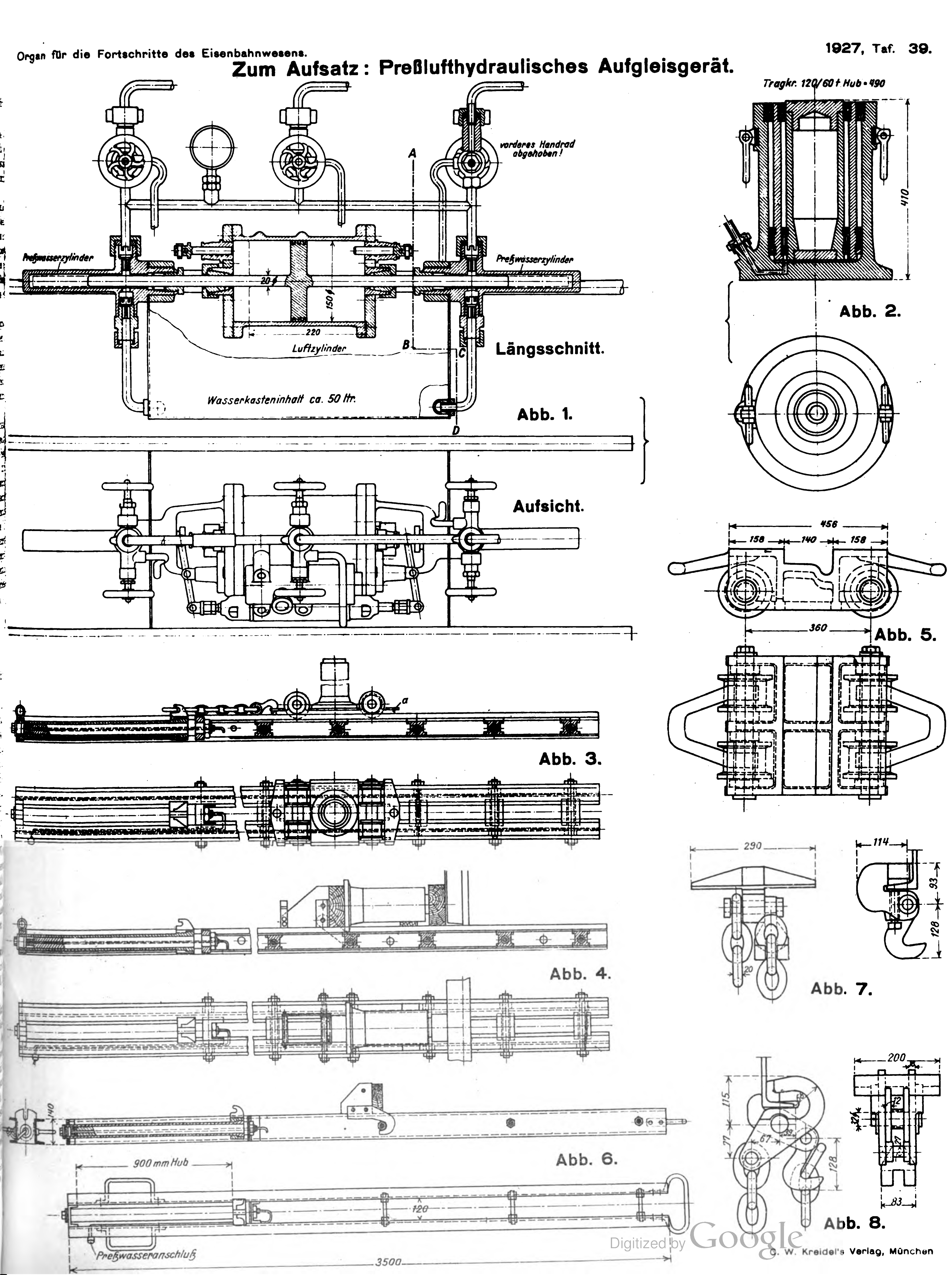
Als Grundlage für die Untersuchung technischer Zähigkeitsmesser wurde an der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt ein Normalviskosimeter ausgebildet, das in dem vorliegenden Heft beschrieben wird. Mit diesem Apparat wurden dann Normalflüssigkeiten (Anilin und zehn verschiedene Öle) in einem weiten Temperaturbereich untersucht. Die Versuchsergebnisse sind in Zahlentafeln und Diagrammen zusammengestellt. Mit den Normalflüssigkeiten wurden sodann die technischen Zähigkeitsmesser nach Engler, Vogel-Ossag und Lawaczeck hinsichtlich ihres Verwendungsbereiches und ihrer Mefsgenauigkeit untersucht. Der Anhang enthält eine Tabelle zur Umrechnung von Englergraden in dynamische und kinematische Zähigkeit, sowie die von der Reichsanstalt erlassenen Prüfungsbestimmungen für den Vogel-Ossag-Zähigkeitsmesser.

Industrielle Unfallverhütung auf der Grundlage der wissenschaftlichen Betriebsführung. Von Dr. Hans Martens. 100 Seiten Oktav mit 15 Abbildungen. Preis gebunden RM. 2,50. Verlag von Reimar Hobbing, Berlin SW 61.

Der auf dem Gebiete der Unfallverhütung bestens bekannte Verfasser bezeichnet das wohlgelungene Büchlein als „Ratgeber für Werkleitungen, Sicherheitsingenieure und Betriebsräte". Im Eisenbahnwesen wendet er sich vornehmlich an die Ausbesserungswerke. Das Büchlein ist warmherzig geschrieben, steht durchaus auf dem sicheren Boden der praktischen Erfahrung und zeigt einen gesunden Sinn für die psychologische Wirksamkeit und Eindringlichkeit; alle seine Lehren und Vorschläge sind daher durchaus anwendungsfähig. Es ist voll geeignet, die rein menschlich, aber auch wirtschaftlich so bedeutungsvolle Unfallverhütung zu fördern; weiteste Verbreitung und nutzbringende Ausbreitung ist ihm zu wünschen. Dr. Bl.

Für die Schriftleitung verantwortlich: Reichsbahnoberrat Dr. Ing. H. Uebelacker in Nürnberg. — C. W. Kreidel's Verlag in München.
Druck von Carl Ritter, G. m. b. H. in Wiesbaden.

Zum Aufsatz: Preßlufthydraulisches Aufgleisgerät.



C. W. Kreidel's Verlag, München


UNIV. OF MICH.

1927
82. Jahrgang.

Heft 22/23
30. November

ORGAN

FÜR DIE FORTSCHRITTE DES EISENBAHNWESENS

TECHNISCHES FACHBLATT DES VEREINS DEUTSCHER EISENBAHNVERWALTUNGEN



HERAUSGEGEBEN VON DR. ING. H. UEBELACKER

C. W. KREIDEL'S VERLAG · MÜNCHEN

FACHHEFT ÖSTERREICH

Inhaltsverzeichnis:

Zum Geleite! 415.
Aufgaben des Bau- und Pahnerhaltungsdienstes der Österreichischen Bundesbahnen. Trnka. 415.
Organisation und Personalwirtschaft im Bau- und Bahnerhaltungsdienste der Österreichischen Bundesbahnen. Korwik. 416. – Taf. 39.
Ein Verfahren zur Berechnung durchschnittlicher Selbstkosten. Bazant. 418.
Der Betriebsdienst der Österreichischen Bundesbahnen. Sedlak. 420.
Der Oberbau der Österreichischen Bundesbahnen. Hiller. 421. – Taf. 40.
Oberbaulager und Werkstätte Wörth. Hromatka. 425.
Die Erhaltung der Drehpunkte der Zungenvorrichtungen. Beyer. 430.
Die Oberbauerneuerung im Arlbergtunnel im Jahre 1925. A. Stiasny. 431.
Lokomotiv-Neubau und Lokomotiv-Umbau bei den Österreichischen Bundesbahnen in den Jahren 1926 und 1927. Lehner. 435. — Taf. 42 und 43.
Neuerungen im Waggon- und Triebfahrzeugbau. Engels. 442
Die Entwicklung des regelspurigen Wagenparkes der Österreichischen Bundesbahnen seit dem Kriegsende. Kühnelt. 444
Über die Nachprüfung von Brückentragwerken. Roth. 449.
Die Auswechslung des eisernen Überbaues der Schönauer Eisenbahnbrücke in Steyr. Roth. 45[illegible]
Der Bau des Hochstraßstunnels der Eisenbahnlinie Friedberg—Pinkafeld. 454. – Taf. 44 und 45.
Die Bedeutung der Wildbachverbauung für die Eisenbahnen. O. Härtel. 458.
Über Lehnensicherung. Lehar. 460.
Eine Felssprengung im Gesäuse. Pokorny. 463.
Neuerungen auf dem Gebiete des Signalwesens. Rumpf. 467. — Taf. 46.
Die Elektrisierung der Österreichischen Eisenbahnen. Dittes. 472.
Kraftwerke und Unterwerke. Hruschka. 475. Taf. 47 und 48
Leitungsanlagen. Luithlen. 488.
Elektrische Triebfahrzeuge und Zugförderungsanlagen. Lorenz. 495.
Betriebsergebnisse und Betriebserfahrungen auf den elektrisierten Linien der Österreichischen Bundesbahnen. Eichberg. 503.
Neuere Wohnbauten der Österreichischen Bundesbahnen. Schläfrig. 507.
Die Personenseilschwebebahnen und deren Entwicklung in Österreich. 509

Organ für die Fortschritte des Eisenbahnwesens

Technisches Fachblatt des Vereins Deutscher Eisenbahn-Verwaltungen

Schriftleitung: Dr. Ing. **H. Uebelacker,** Nürnberg, unter Mitwirkung von Dr. Ing. **A. E. Bloss,** Dresden.

82. Jahrgang | 30. November 1927 | Heft 22/23

Fachheft Österreich.

Zum Geleite!

Der Schriftleitung des „Organs" sei für die Herausgabe eines Heftes „Österreich" herzlichst gedankt. Es konnten nur Ausschnitte aus dem Gebiete des österreichischen Eisenbahnwesens geboten werden. Ich hoffe aber, daß diese Auslese nicht nur diejenigen interessiert, die sie mit den Augen des Technikers betrachten. Beim Durchblättern des Heftes fällt in einzelnen Bildern der Hintergrund der technischen Werke, die großartige Gebirgslandschaft Österreichs, auf. Außergewöhnliche Naturschönheiten, Naturgewalten und Elementarerscheinungen üben eine große Anziehungskraft auf den Naturfreund und Erholungsbedürftigen aus, sie verursachen aber vielfach dem Verkehrsunternehmen, das sie erschließt, erhebliche Schwierigkeiten. Den Technikern geben sie interessante und schwierige Probleme zu lösen, für den finanziellen Dienst bilden sie eine Quelle großer Sorge. Möge dieses Heft dazu beitragen, die Zahl der Gäste zu vermehren, die unser schönes Heimatland besuchen, ihnen zum Wohle — uns zur Freude.

Dr. Josef Maschat,
Generaldirektor der Österreichischen Bundesbahnen.

Aufgaben des Bau- und Bahnerhaltungsdienstes der Österreichischen Bundesbahnen.

Von Dipl.-Ing. Dr. **Trnka,** Baudirektor der Österreichischen Bundesbahnen.

Man kann einen Überblick über die Entwicklung und Tätigkeit eines Eisenbahndienstzweiges nicht geben, ohne zugleich auch die Entwicklung des Gesamtdienstes zu streifen und die geographischen, politischen, kulturellen und wirtschaftlichen Verhältnisse zu betrachten, unter denen er sich, von ihnen wesentlich beeinflufst, abwickelt.

Der heutige Bereich der Österreichischen Bundesbahnen war schon in dem $3\,^1/_4$ mal so grofsen Netze der ehemaligen k. k. Österreichischen Staatsbahnen im Vergleiche zu den übrigen Streckenteilen zufolge seiner Lage in der Voralpen- und Alpenzone von besonderer Eigenart. Von den 5857 Betriebskilometern unseres derzeitigen Streckenbereiches sind nur 19% wagrecht, 59% bis 10‰, 18% zwischen 10 und 25‰ und 4% über 25‰ geneigt. Sehr ungünstig sind die Richtungsverhältnisse, da 39% der Strecken gekrümmt sind, darunter 10% der Gesamtbetriebslänge mit Halbmessern zwischen 300 und 400 m, nahezu 4% mit Halbmessern unter 300 m.

Aus dieser Linienführung und aus den sonstigen Schwierigkeiten, die Gelände und Naturereignisse in Gebirgsgegenden stets verursachen, ergeben sich besondere Erschwernisse und Verteuerungen im Bau und in der Erhaltung von Anlagen, wie in der Betriebführung überhaupt. Die finanziellen Vorsorgen für solche Strecken müssen daher immer wesentlich gröfser sein, als für einfachere Strecken. Leider wurden aus verschiedenen Gründen auch zur Zeit der Monarchie die alpenländischen Strecken nicht so reichlich mit Mitteln bedacht, als erforderlich gewesen wäre, so dafs sich für das verkleinerte Österreich aufser der besonderen Belastung durch die Ungunst der Lage der Strecken auch noch die Nachholung von Herstellungen ergab, die seinerzeit im grofsen Netze und unter günstigeren Verhältnissen versäumt worden waren.

Die Auswirkungen der Kriegsverhältnisse trafen auch den Bereich unserer Strecken mit voller Härte: Alle Bauten, die nicht unmittelbar militärischen Zwecken dienten, mufsten eingestellt und dafür Herstellungen, die nur für diese Zwecke bestimmt waren, raschestens durchgeführt werden; die Erhaltungstätigkeit mufste auf die militärisch wichtigen Strecken und das unbedingt notwendige Ausmafs beschränkt, auf den übrigen Strecken vernachlässigt werden; jede planmäfsige Erneuerungstätigkeit war unterbunden; der Baustoffmangel führte zur Verwendung von Behelfs- und Ersatzstoffen, die die spätere Erhaltung aufserordentlich verteuern mufsten.

Die Umwälzung, die dem Zerfall der österreichisch-ungarischen Monarchie folgte, brachte für die Verwaltung des aus dem grofsen Organismus der ehemaligen k. k. Staatsbahnen herausgeschnittenen Bundesbahnnetzes neue Probleme. Auch der Bau- und Bahnerhaltungsdienst mufste sich vollständig umstellen. Vordem stark benützte Strecken und Anlagen lagen brach und waren zum Teil abzutragen. Die Änderung in den Verkehrsbeziehungen erforderte eine bessere Erhaltung und die Ausgestaltung bisher entsprechender, aber nun unzulänglicher Linien, neue Anlagen mufsten dort geschaffen werden, insbesondere an den neuen Grenzen — es entstanden 23 neue Streckengrenzpunkte, — wo besondere Vorsorgen für den Grenzverkehr fehlten. Die Not der Zeit führte zu Aufgaben,



wie sie bisher nicht in diesem Mafse die Bahnverwaltung belastet hatten, Vorsorgen für die Verpflegung des Personals, für Wohnungsbauten mufsten getroffen werden. Die Inflationszeit verwirrte die fachliche Geldwirtschaft vollkommen und äufserte sich für die Stoffwirtschaft und die Durchführung der verschiedenen Arbeiten in sehr einschneidender Weise. Eigenbetriebe mufsten in grofser Zahl eröffnet werden, da auch auf dem Arbeitsmarkte vollkommene Unsicherheit herrschte. Die von früher übernommenen Baustoffvorräte, die für ein anderes Gebiet und für andere Verhältnisse bestimmt waren, enthielten viele Baustoffe, die für eigene Zwecke nicht mehr verwendbar waren und die Lager unnötig belasteten, während wichtige Baustoffe fehlten und nur schwer beschafft werden konnten. Nicht nur in der Umgrenzung, auch im Gefüge des Netzes traten Änderungen durch Eingliederung von Landesbahnen und Privatbahnen in den Betrieb der Bundesbahnen ein. Zu einer Überfülle von technisch-wirtschaftlichen und organisatorischen Fragen brachte die Nachkriegszeit auch für den Bau- und Bahnerhaltungsdienst ganz besondere Erschwernisse auf dem Gebiet der Personalwirtschaft.

In die durch die Kriegsdienstleistungen sehr verminderten und nur zum Teil mit ungeübten Aushilfskräften notdürftig aufgefüllten Arbeiterrotten strömten nach Beendigung des Krieges die Heimkehrer ein, aber nicht nur die unseres neu festgesetzten Gebietes, sondern auch eine grofse Anzahl von Neuausländern. Aus Gründen der Erhaltung des Staates und der Staatspolitik mufsten aufserdem weit über Bedarf Arbeitslose von der Strafse eingestellt werden. Zusammen mit dem Personal der übernommenen Landes- und Privatbahnen ergab sich ein Kopfbestand von aufsergewöhnlicher Höhe und Vielfältigkeit der Zusammensetzung. Im Zuge der politischen Entwicklung des neuen österreichischen Staatswesens erfolgte auch eine soziale Umwälzung, die das bisherige Verhältnis zwischen Personal und Verwaltung, das Arbeits- und Dienstrecht sowie die Besoldung auf ganz neue Grundlagen stellte. Besonders in unserem Fachdienste, wo auf der Strecke zeitweise ein sehr hoher Personalbedarf und auch eine wenig begrenzte Einstellungsmöglichkeit besteht, machte sich die Überfülle am Personal zu Zeiten verminderten Bedarfes sehr fühlbar.

Mit der Gesundung des Staates ergab sich auch bei den Bundesbahnen im allgemeinen und bei jedem Fachzweige im besonderen die Notwendigkeit einer Neuordnung der Verhältnisse. Vor allem mufsten Mafsnahmen zu einer Herabminderung des Kopfbestandes ergriffen werden.

Nach Abtrennung der staatsbehördlichen Aufgaben von der Betriebsführung der Bundesbahnen war die seit im Oktober 1923 geschaffene Unternehmung »Österreichische Bundesbahnen«, wollte sie ihre Aufgabe erfüllen, gezwungen, die Gesundungsmafsnahmen noch tatkräftiger und nach neuen Gesichtspunkten zu verfolgen.

Im Bau- und Bahnerhaltungsdienste wurde im Zentraldienste und in den Kanzleien der Aufsendienststellen die Zahl der Arbeitskräfte den zu besorgenden Geschäften angepafst. Die Neuabgrenzung der Aufsichtsbereiche unter Verminderung der Zahl der Aufsendienststellen und ihrer Streckenbeamten, Bahnmeister, Signalmeister usw., sowie die Auflassung der Bahnschranken auf Wegübersetzungen mit guten Sichtverhältnissen wurde fortgesetzt, personalsparende Umgestaltungen der Anlagen wurden vorgenommen, selbsttätige Signaleinrichtungen für Wegübersetzungen mit unzulänglichen Sichtverhältnissen ausgeprobt und die Wärterdiensteinteilung entsprechend den örtlichen Verhältnissen und den bestehenden Dienst- und Ruhezeitbestimmungen bemessen. Im Streckenarbeiterstande wurde aufser einer Standesverminderung eine schärfere Scheidung zwischen der dauernd zu beschäftigenden Streckenmannschaft, die somit nach den bestehenden Besoldungsvorschriften fest anzustellen war, und den Verstärkungskräften vorgenommen. Auf dem Gebiete des Baustoffwesens war strengste Sparsamkeit im Verbrauche, in der Wiederherstellung schadhafter Oberbaubestandteile und der Vereinheitlichung der neu zu beschaffenden Stoffe geboten, um wenigstens für die Zukunft jene einheitliche und wirtschaftliche Baustoffwirtschaft anzubahnen, die bei dem derzeitigen, von vielerlei Verwaltungen und aus den verschiedensten Zeiten herstammenden Bahnbestande schwer möglich ist. Die Lagervorräte der Dienststellen wurden vermindert und einzelne Sammellager als gröfsere Vorratsstellen geschaffen.

Mit Rücksicht auf die finanzielle Lage des Unternehmens wurde die Erhaltungstätigkeit auf die Beseitigung der Kriegsschäden und die Erzielung eines sicherheitlich einwandfreien Zustandes der Bahnanlagen beschränkt. Eine planmäfsige Erneuerungswirtschaft mufste bisher mangels der erforderlichen Mittel unterbleiben und es wurden Umgestaltungen und Ergänzungen nur dort vorgenommen, wo entweder die Sicherheitsverhältnisse oder besondere Umstände, wie beispielsweise die Einführung elektrischen Betriebs sie zwingend erforderten. Auch bezüglich der zeitgemäfsen Ausstattung mit Geräten und Hilfsmitteln, wie Arbeitsmaschinen, Motorfahrzeugen usw. mufste in Berücksichtigung der Finanzlage Mafs gehalten werden, so notwendig und andererseits wirtschaftlich sie auch wäre.

Unter den gleichen Umständen ist auch die Durchführung unserer Neubauten sehr gedrosselt und auf solche Herstellungen beschränkt, die aus Gründen des Verkehrs und der Verkehrssicherheit unumgänglich notwendig sind. Eine Wirtschaft auf weite Sicht, die Erfüllung mancher Wünsche der Bevölkerung, mufs einer, hoffentlich recht bald einsetzenden Periode des Aufschwungs vorbehalten bleiben.

Das sind die Verhältnisse, welche die Tätigkeit des Bau- und Bahnerhaltungsdienstes der Österreichischen Bundesbahnen am wesentlichsten beeinflufsten und noch weiterhin beeinflussen. Sie mögen bei der Beurteilung der in diesem Heft enthaltenen Ausschnitte aus dieser Tätigkeit nicht aufser Acht gelassen werden.

Organisation und Personalwirtschaft im Bau- und Bahnerhaltungsdienste der Österreichischen Bundesbahnen.

Von Oberbaurat Ing. **Korwik**, Bürovorstand der Generaldirektion der Österreichischen Bundesbahnen.

Hierzu Tafel 40.

Unter der Bezeichnung Bau- und Bahnerhaltungsdienst (B.- und B.-Dienst) wird bei den Österreichischen Bundesbahnen jener Fachdienstzweig zusammengefafst, dem im wesentlichen die Bahnaufsicht, d. i. der Begeher-, Schranken-, Block- und Zugmeldedienst der Strecke, die Erhaltung der baulichen Anlagen, wie des Unterbaues einschliefslich der Brücken, des Oberbaues, der Hochbauten, der Signal-, Sicherungs- und Fernmeldeeinrichtungen, sowie die Durchführung von Umgestaltungs-, Ergänzungs- und Neubauten (Investitionen) auf den genannten Gebieten obliegt. Planung und Bau neuer Eisenbahnlinien, Seilbahnen und dergl. werden vom Bundesministerium für Handel und Verkehr durchgeführt. Elektrisierungsbauten und Starkstromangelegenheiten gehören in den Wirkungskreis anderer Stellen der Bundesbahnverwaltung.

Zur Versehung des B.- und B.-Dienstes bestehen in den drei einander nachgeordneten Organisationsstufen des Gesamt-

dienstes der Österreichischen Bundesbahnen, in der Generaldirektion, in den fünf Bundesbahndirektionen und im Aufsendienste besondere Fachstellen. Die Eingliederung des B.- und B.-Dienstes in die Dienstesorganisation der Österreichischen Bundesbahnen und die innere Gliederung seiner Zentralstellen ist aus den Abb. 1 und 2 der Taf. 40 zu ersehen.

Der Baudirektor der Österreichischen Bundesbahnen bildet demnach die Spitze eines durch sämtliche Organisationsstufen hindurchreichenden Fachzweiges, dem alle Einrichtungen für eine einheitliche, auf Fachwissen gegründete Geschäftsführung zur Verfügung stehen.

Im Aufsendienste besorgen die Streckenleitungen die Geschäfte des B.- und B.-Dienstes, ausschliefslich der Angelegenheiten des Signal-, Sicherungs- und Fernmeldewesens. Für die letztgenannten bestehen eigene Signalstreckenleitungen, deren Dienst sich in den Signalwerkstättendienst und in den Erhaltungs- und Aufsichtsdienst auf der Strecke teilt. Den Streckenleitungen unterstehen für bestimmte Streckenbereiche die Bahnmeister und Brückenmeister, den Signalstreckenleitungen die Signalmeister. Vom Grundsatze einer Sonderung der Dienststellen des B.- und B.-Dienstes von den Aufsendienststellen anderer Fachzweige wird eine Ausnahme nur hinsichtlich einer kleinen Gruppe von Aufsendienststellen, den Betriebsleitungen gemacht. Diese besorgen auf abgeschlossenen Lokalbahnstrecken aufser dem Verkehrs-, kommerziellen und Zugförderungsdienste auch den Bau- und Bahnerhaltungsdienst (ausschliefslich des Signal-, Sicherungs- und Fernmeldewesens).

Im äufseren B.- und B.-Dienste bestehen somit auf der Strecke folgende Aufsichtsbereiche, die einander überdecken:

Für den Erhaltungs- und Baudienst der Signal-, Sicherungs- und Fernmeldeanlagen die Signalmeisterbereiche, die den Signalstreckenleitungen unterstehen, für die eisernen Brücken- und Hochbaukonstruktionen die Brückenmeisterbereiche, die den Strecken-(Betriebs-)leitungen unterstehen, jedoch über mehrere solche reichen (durchschnittlich auf je drei Strecken-(Betriebs-)leitungen ein Brückenmeister) und schliefslich für alle übrigen Erhaltungs- und Bauarbeiten die Bahnmeisterbereiche, die den Strecken-(Betriebs-)leitungen unterstehen und von denen durchschnittlich sechs auf eine Strecken-(Betriebs-)leitung entfallen.

Während die organisatorische Gliederung sowie die Geschäftseinteilung der Generaldirektion und der Bundesbahndirektionen mit der Schaffung der Unternehmung Österreichische Bundesbahnen in Anpassung an die geänderten Verhältnisse neu eingerichtet wurden, sind in der schon seit vielen Jahren bestehenden Organisationsform des B.- und B.-Aufsendienstes keine wesentlichen Änderungen vorgenommen worden. Es wurden jedoch aus Gründen der Sparsamkeit und der Zweckmäfsigkeit die Streckenaufsichtsbereiche unter Einbeziehung der von verschiedenen fremden Verwaltungen übernommenen Strecken nach und nach bis zu den aus der folgenden Gegenüberstellung zu entnehmenden Ausmafsen erweitert.

	Anzahl		Durchschnittliche Aufsichtslänge	
	bis 1922	1. Juli 1927	bis 1922	1. Juli 1927
Streckenleitungen	74	47	70 km	113 km
Betriebsleitungen	12	8	63 „	70 „
Signalstreckenleitungen	7	6	855 „	976 „
Aufsichtsbereiche der Bahnmeister einschl. Hochbaubahnmeister	520	329	11 „	17,8 „
Aufsichtsbereiche der Brückenmeister	23	17	260 „	344,5 „
Aufsichtsbereiche der Signalmeister	161	135	37 „	43,4 „

Nach den in der nächsten Zeit an einzelnen Stellen noch durchzuführenden Änderungen der Geschäftsbereiche wird die durchschnittliche Aufsichtslänge einer Streckenleitung rund 120 km, die eines Bahnmeisterbereiches rund 18 km und die eines Signalmeisterbereiches etwa 48 km Betriebslänge betragen. Die Notwendigkeit der Anpassung an schwierige Streckenverhältnisse und sonstige Umstände bedingt stellenweise wesentlich geringere Aufsichtslängen, wogegen unter einfacheren Verhältnissen die Aufsichtslängen der Streckenleitungen bis rund 200 km und die der Bahnmeister bis rund 40 km reichen.

Auf dem Gebiete der Personalwirtschaft des B.- und B.-Dienstes mufsten im Rahmen der neu gebildeten Geschäftsstellen die Personalstände dem Arbeitsbedarfe angepafst und durch weitere personalsparende Mafsnahmen auf ein wirtschaftliches Ausmafs gebracht werden.

Im Verfolge der letztgenannten Mafsnahmen wurden beispielsweise im Bahnaufsichtsdienste vom Jahre 1922 bis heute im ganzen Bundesbahnbereiche 55 Wegübersetzungen und rund 1200 Schrankenanlagen aufgelassen sowie rund 450 Schrankenumgestaltungen vorgenommen; bis Ende dieses Jahres werden fünf selbsttätige Warnsignalanlagen bei unabgeschrankten Wegübergängen mit unzureichender Sicht bestehen. Die Gesamtzahl der Wegübergänge in Schienenhöhe beträgt derzeit 10577, von welcher 7429 unabgeschrankt und 3148 abgeschrankt sind.

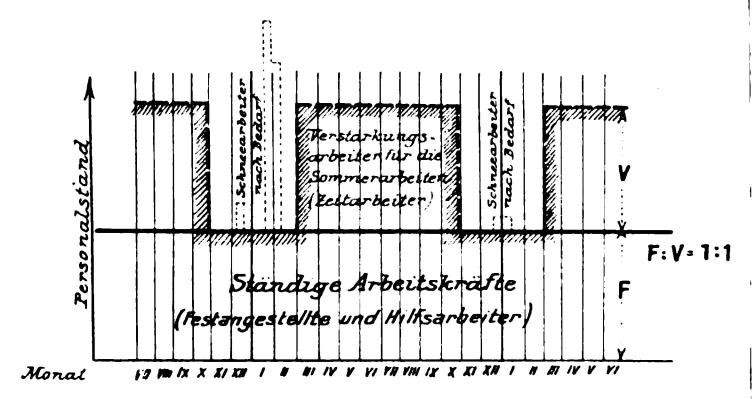
Die Abb. 3 der Taf. 40 zeigt die Veränderungen der Personalstände des gesamten B.- und B.-Dienstes von Mitte des Jahres 1922 an.

Die Personalwirtschaft jedes Fachzweiges des Eisenbahnbetriebes wird wesentlich von der Besoldungsordnung beeinflufst. Die jetzige Besoldungsordnung der Österreichischen Bundesbahnen ist auf dem Verwendungsgrundsatze aufgebaut und reiht die verschiedenen Dienstposten je nach der Wertigkeit der Dienstverrichtungen von den einfachsten Handlanger-Verrichtungen bis zu den wichtigsten leitenden Geschäften in 19 (durch spätere Einschaltung einer Zwischengehaltsgruppe 18a eigentlich in 20) Gehaltsgruppen ein. Der dauernde Bedarf an Dienstposten ist in einem »Stellenplan« festzulegen, der die Zahl der Dienstposten und ihre Wertigkeit nach der in der Besoldungsordnung vorgesehenen Reihung enthält. Dieser Stellenplan bildet die Grundlage für die feste Anstellung des Personals, da bei Erfüllung bestimmter Vorraussetzungen der auf einen Posten des Stellenplanes eingebrachte Bedienstete fest anzustellen ist. Bedienstete, die diese Voraussetzungen nicht erfüllen, jedoch auf einem Posten des Stellenplanes den Dienst versehen, bleiben Hilfsbedienstete. Für den vorübergehenden Bedarf werden im B.- und B.-Dienste Verstärkungsarbeiter eingestellt, für die eine eigene dienstrechtliche Form geschaffen wurde.

Besondere Bedeutung kommt nach dem vorgesagten der wirtschaftlichen Bemessung der Streckenarbeiterzahlen zu, da bei den Streckenarbeiten der Kopfbedarf aufserordentlich schwankend ist. Deshalb ist, um mit einem in der Technik geläufigen Ausdrucke zu sprechen, eine sorgfältige Dimensionierung des Arbeitszeitaufwandes für die Streckenarbeiten notwendig, wobei auf die klimatischen, technischen und Verkehrsverhältnisse der Strecke, auf eine zweckmäfsige Systematik in der Arbeitsdurchführung, auf das Dienst- und Besoldungsrecht der eigenen Arbeitskräfte sowie auf den Arbeitsmarkt des Streckengebietes Bedacht zu nehmen ist. Aus den in dieser Hinsicht derzeit für Österreich mafsgebenden Verhältnissen ergibt sich vom personalwirtschaftlichen Standpunkte die in der Textabb. dargestellte Verteilung der Streckenarbeitskräfte im Jahre und die Trennung zwischen den ständigen Arbeitskräften und den vorübergehend eingestellten Verstärkungsarbeitern als erstrebenswertes Ziel.

Ein Blick auf die in der Abb. 4 der Taf. 40 dargestellten Streckenarbeiterzahlen des Jahres 1912 und der Jahre 1922 bis 1927 einer Streckenleitung zeigt, welche Wandlungen

diese Stände in Zahl und auch in Zusammensetzung nach besoldungsrechtlichen Gruppen in diesen Zeiträumen mitgemacht haben und wie das Bild der letzten Jahre immer mehr und mehr dem oben dargestellten Idealbild näher kommt. Die Verstärkungsarbeiter für die Sommerarbeiten (Zeitarbeiter) dürfen in der Regel nur bis höchstens acht Monate eingestellt werden (siehe Textabb.). In den Monaten März bis einschliefslich



Oktober sind die Vorstände der Aufsendienststellen ermächtigt, unter eigener Verantwortung derartige Verstärkungsarbeiter entsprechend ihrem Arbeitsplane aufzunehmen und mit ihnen innerhalb gewisser Lohngrenzen die Pausch-Stundenentlohnung zu vereinbaren, wobei sie jedoch streng an die für das Jahr bewilligten Aufwands- oder Arbeitsstundengrenzen gebunden sind. In den Monaten November bis einschliefslich Februar darf die Einstellung oder Beibehaltung von Verstärkungsarbeitern nur mit Zustimmung der Generaldirektion erfolgen, auch wenn die bewilligte Grenze eine Einstellung gestatten würde. Nur bei Naturereignissen kann der Dienstvorstand aus eigener Vollmacht Schneearbeiter und dergl. aufnehmen. Durch regelmäfsige Meldungen sind die Bundesbahndirektionen über Kopfbestände und Arbeitsstundenverbrauch ihrer Aufsendienststellen, die Generaldirektion über die der Bundesbahndirektionsbereiche laufend unterrichtet.

Zu den wesentlichsten Aufgaben der Personalwirtschaft gehören aufser den bereits behandelten Fragen noch die sorgfältige Auswahl bei Neuaufnahme von Bediensteten, ihre Schulung, Erziehung, Einführung und Verwendung, die Ausnützung der gesetzlichen Arbeitszeit und alle jene Mafsnahmen, die darauf abzielen, durch besondere Arbeitsweisen, Einrichtungen und technische Verbesserungen an der kostbaren Menschenkraft zu sparen und sie am zweckmäfsigsten und dabei schonensten zu verwerten. Nicht zuletzt zählen hierher auch Vorsorgen zur Hebung des Geistes und der Arbeitsfreudigkeit des Personals. Allen diesen Fragen wird ein besonderes Augenmerk zugewendet, wenngleich wegen verschiedener Schwierigkeiten und wegen der wirtschaftlichen Lage der Österreichischen Bundesbahnen grofszügige Mafsnahmen einer günstigeren Zukunft vorbehalten bleiben müssen.

Manche Fragen der Organisation und Personalwirtschaft des B.- und B.-Dienstes harren noch der Lösung. Aus den die Personalwirtschaft dieses Dienstes kennzeichnenden Schaubildern ist jedoch deutlich zu ersehen, dafs der unruhige und die Grenzen der Wirtschaftlichkeit weit überschreitende Verlauf der Schaulinien der früheren Zeit in den letzten Jahren bereits eine sparsame Gleichmäfsigkeit und eine gewisse Gesetzmäfsigkeit aufweist. Wenn auch durch planmäfsige Kleinarbeit in der Summe noch viel für die wirtschaftliche Gestaltung des B.- und B.-Dienstes zu tun und zu erreichen ist, wird sich doch nicht mehr die Notwendigkeit derartig in das Personalwesen einschneidender Mafsnahmen wie bisher ergeben, die, obwohl zu Nutz und Frommen des Unternehmens und des Personals selbst unvermeidlich, viel Einsicht und Opferwilligkeit des Personales erforderten, das nach den geltenden Bestimmungen berufen ist, durch seine Vertreter an solchen Mafsnahmen der Verwaltung mitzuwirken.

Ein Verfahren zur Berechnung durchschnittlicher Selbstkosten.

Von Ministerialrat Ing. **Bazant**, Abteilungsvorstand der Generaldirektion der Österreichischen Bundesbahnen.

Die Notwendigkeit, die Selbstkosten der verschiedenen Leistungen im Bahnbetrieb rasch ziffernmäfsig darzustellen, hat bei den Österreichischen Bundesbahnen zu einem Berechnungsverfahren der Selbstkosten geführt, das vielleicht allgemeines Interesse besitzt und nachstehend mitgeteilt werden soll.

Da das Liniennetz der Österreichischen Bundesbahnen weit verzweigt ist und einerseits aus leistungsfähigen Hauptlinien, welche Gebirgstäler in Hauptweltrichtungen durchziehen und andererseits aus Seitenlinien besteht, die an diese Hauptlinien anschliefsen, ist der für die Beförderung einer Sendung jeweils in Betracht kommende Beförderungsweg in der Regel eindeutig gegeben. Es entfällt daher die Notwendigkeit, durch genaue Ermittlung der anfallenden örtlichen Selbstkosten bei der Beförderung über einzelne Teilstrecken einen Vergleich der Beförderungskosten verschiedener, für eine Beförderung etwa nebeneinander in Betracht kommender Beförderungswege durchzuführen, wozu noch bemerkt wird, dafs die Richtungs- und Neigungsverhältnisse der einzelnen Bundesbahnlinien von einander so vielfach abweichen, dafs ein teilstreckenweises Erfassen der jeweiligen örtlichen Selbstkosten eine sehr mühsame Arbeit erfordern würde. Diese Lage der Dinge rechtfertigt es, durchschnittliche Selbstkosten für das ganze Netz zu errechnen und die sich hierbei ergebenden Selbstkosten nur nach Bedarf im Einzelfall durch geeignete Verbesserungen den tatsächlichen Verhältnissen möglichst anzupassen.

Da durchschnittliche Selbstkosten ohnedies nur angenäherte Überschlagswerte ergeben können, ist ein einfacher Ermittlungsvorgang ohne weitläufiges Rechenwerk naheliegend. Als Unterlage für die Ermittlung der Selbstkosten werden die Buchungsergebnisse der Ausgaben des jeweils abgelaufenen Betriebsjahres in runden Ziffern verwendet, die sodann auf Grund des jeweiligen Wirtschaftsplanes dem laufenden Betriebsjahr angepafst werden müssen, um ein Nachhinken der Selbstkostensätze gegenüber dem tatsächlichen Erfolge zu vermeiden. Diese richtiggestellten Ausgabenziffern werden zunächst für den Rechnungsvorgang entsprechend gruppiert. Von der Erwägung ausgehend, dafs jede Beförderung einige ziemlich scharf voneinander getrennte Betriebsvorgänge umfafst, werden die gesamten Ausgaben in folgende vier Hauptgruppen der Selbstkosten zerlegt:

A. Abfertigungskosten. Diese sollen alle Ausgaben von der Annahme des Gutes bis zu seiner vollzogenen Verladung im Eisenbahnwagen und ebenso alle Ausgaben von der ladegerechten Beistellung des Wagens bis zur Ausfolgung des Gutes an den Empfänger umfassen.

B. Zugkosten. Diese sollen alle Ausgaben, angefangen von der Abziehung des Wagens von der Güterdienstanlage bis zur ladegerechten Beistellung des beförderten Wagens im Bestimmungsbahnhofe insoweit umfassen, als es sich dabei um reine Beförderungskosten handelt, also Verschubkosten zur Bildung des Zuges, Besetzung des Zuges mit der Zugmannschaft, Beistellung der Zugkraft, Kosten der Erhaltung des Fahrparks und allfällige Fahrzeugmieten verschiedener Art.

C. Wegkosten. Diese sollen alle Ausgaben für die betriebsfähige Erhaltung des Beförderungsweges umfassen, also die Kosten für Bahnaufsicht und Bahnerhaltung, Leitung des



Zugverkehrs, Signal- und Weichenstellung und für den sonstigen Bahnhofdienst, schliefslich für den Dienst in den Lokomotivschuppen.

D. Allgemeine Unkosten. Alle nach Abzug vorstehender Ausgaben erübrigenden Kosten werden hier zusammengefafst wie z. B. die Kosten der allgemeinen Verwaltung, allgemeine Ausgaben für Bedienstete, Kosten der Krankenkassen, Unfallversicherung, Ruhegenüsse, Steuern, Abgaben, Zinslasten und Sonstiges.

Diese Gruppierung gestattet unter anderem auch die getrennte Zusammenstellung der »veränderlichen« Kosten, d. h. jener, die sich bei erheblich zunehmendem und abnehmendem Verkehr in einem gewissen Ausmafse ändern und der »festen« Kosten, die von solchen Schwankungen wenig oder gar nicht betroffen werden. Den Hauptteil der veränderlichen Kosten bilden die Zugkosten, an die je nach der Beförderungsart andere kleinere Kostentangenten angeschlossen werden.

Bei dieser Gruppierung der Buchungsergebnisse der Ausgaben bereitet der Bahnhofdienst wegen der Vielfältigkeit der einzelnen Verrichtungen grofse Schwierigkeiten. Wird jedoch in Betracht gezogen, dafs der Hauptteil der Bahnhofbediensteten in den gröfseren und den grofsen Bahnhöfen tätig ist und daselbst eine mehr oder minder weitgehende Gliederung der Verwendungen besteht, so ist es an der Hand der Behelfe zur ständigen Nachprüfung der Kopfzahlen im Vergleiche zur Leistung möglich, die nötige Scheidung nach Verrichtungen näherungsweise durchzuführen. Wir teilen nachstehend die ermittelten Anteile der einzelnen Verrichtungen und ihre Einteilung in die erwähnten Hauptgruppen der Selbstkosten des Bahnhofdienstes mit:

A. Abfertigungskosten	
1. Personen-, Gepäck- und Expresfsgutverkehr . .	10 v. H.
2. Güterverkehr, Anteile für alle Arten von Gütern	15 « «
3. Güterverkehr, Anteile nur für Güterschuppengüter	15 « «
B. Anteil an den Zugkosten	
4. Verschubmannschaften	17 « «
C. Anteil an den Wegkosten	
5. Verkehrsleitung und Verwaltung	12 « «
6. Signal- und Weichenstellung	17 « «
7. Wagendienst und sonstiger Bahnhofdienst . .	14 « «
Zusammen . .	100 v. H.

In ähnlicher Weise lassen sich die übrigen Buchungsergebnisse der Ausgaben zerlegen und mit den notwendigen Unterabteilungen in die Selbstkostengruppen einreihen.

Schon diese erste Gruppierung der Ausgaben gibt gewisse Anhaltspunkte für die Selbstkontrolle der Ausgaben und bestätigt den alten Erfahrungssatz, dafs ein Grofsteil der Ausgaben als feste Selbstkosten anzusehen sind. Im Jahre 1926 betrugen die festen Selbstkosten der Österreichischen Bundesbahnen rund 40 v. H. der Gesamtausgaben.

Die Zerlegung dieser Ausgaben auf die drei Hauptzuggattungen erfordert geeignete Leistungsziffern. Früher wurde der Wagenachskilometer als grundlegende Einheit bei Selbstkostenberechnungen angewendet. Wir haben bereits im Jahre 1925 in der Nummer 47 (65. Jahrgang) der Zeitung des Vereins Deutscher Eisenbahnverwaltungen nachgewiesen, welche Vorteile der Gesamtlasttonnenkilometer (Bruttotonnenkilometer) bietet und die Erfahrungen haben uns recht gegeben. Das Ziel der Aufteilung der Ausgaben ist nun, für je 1000 Gesamtlasttonnenkilometer der Leistung jeder Zuggattung in allen Unterabteilungen der Selbstkosten feste Einheitssätze zu errechnen, die dann nach der jeweils gestellten Aufgabe zu einem Gesamtselbstkostensatz zusammengestofsen werden können. Zu diesem Zwecke wird für die Einheitssätze der drei Zuggattungen das Verhältnis errechnet, nach welchem diese die Ausgaben beeinflussen. Auf Grund der sich daraus ergebenden Verhältniszahlen werden die einzelnen Ausgabensummen auf die drei Zuggattungen verteilt. In einzelnen Fällen empfiehlt es sich, neben dieser Methode noch andere Hilfsmittel zur Aufteilung der Ausgaben heranzuziehen.

Nachstehend teilen wir die von uns ermittelten Verhältniszahlen für eine Leistung von 1000 Gesamtlasttonnenkilometern bei Schnellzügen (S), Personenzügen (P) und Güterzügen (G) getrennt nach den verschiedenen Betriebszweigen mit:

A. Abfertigungskosten. Da die Gruppierung der Ausgaben schon Anhaltspunkte für die Aufteilung liefert, ist die Verhältnisberechnung entbehrlich. Da die Abfertigungskosten mehr oder minder Festwerte sind, empfiehlt es sich, neben den Sätzen für 1000 Gesamtlasttonnenkilometerleistung durch Teilung der Ausgabengruppen durch die Zahl der Abfertigungen auch Festwerte zu errechnen, die bei Beförderungen auf kleine Entfernungen sehr gute Dienste leisten. Die bei den Österreichischen Bundesbahnen errechneten Festwerte verhalten sich im Personenverkehr $S:P = 4:1$ und im Güterverkehr bei Wagenladungen zum Stückgut wie $1:12$.

B. Zugkosten.

1. Verschubkosten $S:P:G = 1:2:4$.

2. Zugbegleitmannschaft $S:P:G = 1:1{,}9:2{,}0$. Es erscheint jedoch ratsam, diese Ziffern auf Grund der Dienstpläne, der Mannschaftsstärken, der Zugbegleiterfahrstunden, der Reisegeschwindigkeiten der Züge usw. durch Stichproben nachzuprüfen und richtig zu stellen.

3. Zugkraft. Der Anteil der Lokomotivmannschaften wurde mit 60 v. H. der persönlichen Ausgaben des Zugförderungsdienstes errechnet und sodann nach $S:P:G = 0{,}6:1{,}5:1$ aufgeteilt. Die Kosten der Betriebsstoffe wurden mit $S:P:G = 1{,}2:2{,}0:1$ verteilt. Bemerkt wird, dafs diese Verhältniszahlen auf Grund neuer Rechnungsergebnisse bestritten und daher abänderungsbedürftig sind.

4. Fahrparkerhaltung. Es wurde ein Aufwand für Lokomotiven mit 50% der Gesamtausgaben ermittelt und mit $S:P = 1{,}1:1$ verteilt. Für Personenwagenerhaltung wurde 26% und für Güterwagenerhaltung 24% der Gesamtausgaben ermittelt.

C. Wegkosten.

1. Bahnaufsicht. Die Ausgabensumme wurde auf S und P und G nach Zugskilometer aufgeteilt mit dem Endergebnis $S:P:G = 1{,}5:3{,}4:1$.

2. Oberbauerhaltung $S:P:G = 3:2:1$.

3. Restliche Kosten der Bahnerhaltung $S:P:G = 2:1{,}5:1$.

4. Bahnhofdienst. Die Ausgabensummen für Verkehrsleitung, Signal- und Weichenstellung wurden nach Zugskilometern aufgeteilt mit dem Endergebnis $S:P:G = 1{,}9:3{,}6:1{,}0$. Die restlichen Ausgaben des Bahnhofdienstes wurden auf alle drei Zugsgattungen gleichmäfsig aufgeteilt.

5. Lokomotivschuppendienst. $S:P:G = 1{,}1:1{,}7:1$.

D. Allgemeine Unkosten. Die allgemeinen Verwaltungskosten wurden mit $S:P:G = 2:1{,}5:1$ aufgeteilt. Alle übrigen Unkosten wurden nach dem Verhältnis der Summen aller vorstehenden Ausgabenanteile der einzelnen Zuggattungen auf diese verteilt.

Das Schlufsergebnis der Gesamtkosten stellt sich schliefslich auf $S:P:G = 1{,}1:1{,}5:1$. Für Steilrampenstrecken werden besondere Zuschläge in Rechnung gestellt, um die erhöhten Kosten einzelner Dienstzweige zu berücksichtigen. Hinsichtlich der Abstufung der Selbstkosten nach der Beförderungsweite wird auf den in der Nummer 45 des Jahrgangs 1926 der Zeitung des Vereins Deutscher Eisenbahnverwaltungen erschienenen Aufsatz, der diese Frage besonders behandelt, verwiesen.

Zusammenfassend wird schliefslich der Anschauung Ausdruck gegeben, dafs die gewonnenen Zahlenwerte, wenn auch

verschiedene Teilgebiete der Selbstkosten noch erheblicher Aufhellung bedürfen und die Zusammensetzung der auf vorstehendem Wege errechenbaren Elemente der Selbstkostensätze zu mindesten Selbstkosten, ferner die Bildung der Selbstkosten des Mitläuferverkehrs und andere Dinge noch ein umstrittenes Gebiet darstellen, wertvolle Stützpunkte bei der Selbstkontrolle des Betriebes und für die Tarifbildung im weitesten Sinne des Wortes bilden.

Der Betriebsdienst der Österreichischen Bundesbahnen.

Von Ing. **Sedlak**, Betriebsdirektor der Österreichischen Bundesbahnen.

Als im Herbst des Jahres 1923 die Generaldirektion der Österreichischen Bundesbahnen ins Leben trat, stand der Betriebsdienst vor einer aufserordentlich schwierigen Aufgabe. Vor Beginn des Krieges betrug die Betriebslänge der k. k. Staatsbahnen und der vom Staate auf eigene Rechnung betriebenen Privatbahnen rund 14000 km, wogegen diese Länge Ende des Jahres 1923 nur rund 5000 km zählte. Verschiedene Einrichtungen des umfangreichen Betriebsapparates mufsten daher in einem einschneidenden Ausmafse verringert und den vollständig geänderten Verhältnissen neu angepafst werden. Dieser schmerzhafte Konzentrationsprozefs erforderte bei der allgemeinen Lage der Dinge ein zielsicheres und planmäfsiges Vorgehen, wobei getrachtet wurde, die mit einem solchen Vorgang verbundenen Härten so weit als möglich zu mildern.

Eine weitere wichtige Aufgabe bildete die Neuordnung des Verkehrs. Die neue Formung des Bundesgebietes Österreichs und die neue Lage der Dinge hatte auf verschiedenen Bahnlinien eine vollständige Umwälzung ihrer Belastung gebracht. Linien, die früher hochentwickelte Fernverkehre bedienten, hatten diese zum gröfsten Teil eingebüfst, wogegen andere Linien ganz unvermittelten sprunghaften Verkehrsstöfsen ausgesetzt waren. Es erwies sich daher als ganz unerläfslich, den Verkehr in einzelnen Netzteilen ganz umzustellen, wobei die wirtschaftliche Zusammenfassung des Vorhandenen und das Ziel der möglichsten Vereinfachung und Verbilligung des Verkehrs unentwegt festgehalten werden mufsten. Die schwankenden Währungen verschiedener mitteleuropäischer Staaten und die infolgedessen wechselnden wirtschaftlichen Konjunkturen erzeugten eine ständige Unruhe im Verkehr, so dafs ein erheblicher Umfang der Betriebsbereitschaft für allfällige Verkehrssteigerungen ständig im Auge behalten werden mufste, ein Umstand, der dem Wunsche auf verbilligende restlose Anpassung der Betriebsvorkehrungen an den vorhandenen Bedarf manchmal schroff gegenüberstand. Besondere Schwierigkeiten bereitete weiter die Erscheinung, dafs durch die im Kriege über jedes Mafs gehende Ausnützung von Mann und Material im weitesten Sinne des Wortes im Verkehr eine vollständige Verwilderung eingerissen war. Parallel mit den Anstrengungen zum Wiederaufbau des Betriebsapparats mufsten auch zur Wiederkehr von Ordnung und Regelmäfsigkeit im Betriebe die Wege geebnet werden und es wurde durch geeignete Mittel ständig auf die Öffentlichkeit eingewirkt, die Bestrebungen der Bahnorgane zu unterstützen. Besonders wichtig war auch die Wiederherstellung geordneter Verhältnisse in der Zugförderung. Der aufserordentliche Brennstoffmangel, die schlechte und wechselnde Beschaffenheit des Brennstoffs, die im Kriege durch Einbau von Ersatzstoffen herabgesunkene Leistungsfähigkeit der Lokomotiven, die Steigerung der Zugbelastung und andere Ursachen waren die Quellen zahlreicher Verkehrsunregelmäfsigkeiten. Durch grundlegende Umstellungen auf dem Gebiete des Beschaffungswesens im Vereine mit verschiedenen anderen Mafsnahmen und mit der günstigen Entwicklung der Dinge gelang es schliefslich, der Schwierigkeiten Herr zu werden.

Eine weitere wichtige Aufgabe des Betriebsdienstes bestand darin, die schwer mit dem Dasein ringende Volkswirtschaft nach Möglichkeit zu unterstützen. Die schon während des Krieges einsetzende krisenhafte Wohnungsnot, die Entfernung zwischen Wohnort und Arbeitsort und andere Verhältnisse nötigten zur Einrichtung der täglichen wohlfeilen Beförderung grofser Massen auf ganz erhebliche Entfernungen. Die rasch wechselnden wirtschaftlichen Konjunkturen erforderten eine schmiegsame Anpassung des Betriebs an den ständig schwankenden Bedarf, so dafs durch ständige Verkehrsbeobachtung und wiederholt durch sofort einsetzende Verfügungen getrachtet werden mufste, gegenüber der Entwicklung der Verhältnisse nicht in die Hinterhand zu kommen. Neben diesen Tagesaufgaben wurde jedoch energisch auf das Ziel des Wiederaufbaues und der Wiederbelebung des Verkehrs hingearbeitet. Durch Schaffung geeigneter Zugverbindungen wurde getrachtet, das in der Nachkriegszeit stark in Erscheinung tretende Streben breiter Massen zur Natur, zu Licht und Luft möglichst zu fördern. Die Hebung des Fremdenverkehrs, des Touristenverkehrs, des Wintersportverkehrs, des Bäderverkehrs und die hiermit zusammenhängenden Belange bildeten den Gegenstand ständiger Obsorge, um vorhandene Keime zur Entwicklung zu bringen, bereits im Aufschwunge begriffene Verkehre nach Möglichkeit zu fördern und insbesondere das Ausland durch gute Reiseverbindungen zum Besuche unserer landschaftlich hervorragenden Alpengebiete zu ermuntern.

Der Mangel an Kohle in Österreich, der starke Kohlenverbrauch auf den vielen Steilrampenstrecken im Gebirge und das Bestreben, die stark passive Handelsbilanz durch bessere Ausnützung der heimischen Bodenschätze zu verbessern, führte zur Inangriffnahme der Verwertung der weifsen Kohle, d. h. zur beschleunigten Wasserkraftnutzung durch die Einrichtung der elektrischen Zugförderung auf den Bundesbahnen. Die Inangriffnahme dieser Arbeiten stellte den Betriebsdienst vor eine Reihe neuer Aufgaben und Probleme, zumal es sich um Bergstrecken mit aufserordentlich schwierigen Betriebsverhältnissen handelte.

Aus diesen wenigen Streiflichtern über das Vergangene ist die Fülle der Arbeitsgebiete zu erkennen, in denen der Betriebsdienst mafsgebend tätig war. Durch tatkräftiges Zusammenarbeiten der ausführenden Organe und der Leitung ist es in diesen Jahren gelungen, bei dem Wiederaufbau des Betriebs der Österreichischen Bundesbahnen beachtliche Erfolge zu erreichen, die im Inlande und Auslande bereits gewürdigt wurden. Die schwierige Lage der Volkswirtschaft Österreichs und die Notwendigkeit, die ihr aufzuerlegenden tarifarischen Opfer in tragbaren Grenzen zu halten, nötigt auch den Betriebsdienst zu sparsamer Gebarung. Verschiedenen Anregungen zur Verbesserung des Verkehrs und seiner verschiedenen Einrichtungen kann noch nicht Rechnung getragen werden und mancher berechtigter Wunsch bleibt vorläufig unerfüllt, weil die beschränkten Mittel zu gröfster Sparsamkeit nötigen.

Wenn sich andererseits der objektive Beobachter jeweils dieses Rahmens der gegebenen Möglichkeiten erinnert, so wird er erkennen, dafs der Betriebsdienst der Österreichischen Bundesbahnen sich in gutem Vorschreiten befindet und dafs alles geschieht, um insbesondere dem reisenden Fremden die Einreise in unser Land anziehend zu gestalten und ihm die Schönheiten unserer Heimat zu erschliefsen.

Der Oberbau der Österreichischen Bundesbahnen.

Von Ministerialrat Ing. **Hiller**, Generaldirektion der Österreichischen Bundesbahnen.

Hierzu Tafel 41.

Das Netz der Österreichischen Bundesbahnen umfafst zum weitaus gröfsten Teile (über 90 %) Bahnlinien, die durch lange Jahre im Privatbetrieb gestanden haben und auf denen der Oberbau je nach der Zugehörigkeit eine ganz verschiedene Entwicklung genommen hat. Die ersten gröfseren Verstaatlichungen, bei denen eine Reihe wichtiger Hauptlinien, wie die Kaiserin-Elisabeth-Bahn (Hauptrichtung Wien—Salzburg), die Kaiser-Franz-Josefs-Bahn (Wien—Prag) und die Kronprinz-Rudolfs-Bahn (St. Valentin—Tarvis) mit allen Zweiglinien vom Staate erworben wurden, fällt schon in die Zeit der achtziger Jahre. In den Jahren 1907 bis 1909 folgten, soweit das heutige Netz in Frage kommt, die Kaiser-Ferdinands-Nordbahn, die österreichische Nordwestbahn und die zum Teil nach Norden, zum Teil nach Osten führenden Linien der österreichisch-ungarischen Staatseisenbahngesellschaft. Durch den Friedensschlufs kamen die ehemals ungarischen Linien des Burgenlandes hinzu, im Jahre 1921 wurde der Betrieb auf den Niederösterreichischen Landesbahnen und im Jahre 1923 auf dem ausgedehnten Netz der ehemaligen Südbahngesellschaft übernommen. Die Verkleinerung des Staatsgebietes durch den Zerfall der Monarchie hatte eine Verringerung der Gesamtlinienlänge auf beiläufig ein Drittel des seinerzeitigen Umfangs zur Folge. Da die grofsen Privatbahnen aber fast durchwegs in Wien ihren Ausgangspunkt hatten, wurde die Vielseitigkeit der verbleibenden Oberbauformen im Verhältnis zur Streckenlänge hierdurch noch bedeutend verschlimmert.

Schon die Staatseisenbahnverwaltung des alten Österreich hatte naturgemäfs das Bestreben, den Oberbau soweit als möglich zu vereinheitlichen. Als erste Regelbauarten wurden im Jahre 1883 die Oberbauform X (35,4 kg/m) für Hauptbahnen und die Form XI (31,7 kg/m) für Nebenbahnen eingeführt. Im Jahre 1897 folgte der Stuhlschienenoberbau Form Ia mit 42,1 kg/m schweren Schienen in gufseisernen Stühlen und 1903 der Breitfufsschienenoberbau Form A mit 44,35 kg schweren Schienen auf gewalzten Stuhlplatten. Aus dem letztgenannten hat sich durch Übergang auf Spannplattenbefestigung unser heutiger Einheitsoberbau entwickelt.

Trotz planmäfsigen Festhaltens an diesen wenigen Einheitsformen bei allen im Laufe der Jahre durchgeführten Gleisumbauten sind wir mit der Vereinheitlichung des Oberbaues noch weit vom Ziele. Die in der Kriegs- und Nachkriegszeit durch die Verhältnisse gegebene und auch heute noch andauernde weitgehende Beschränkung in den Mitteln verhinderte eine grofszügige Auswechslungstätigkeit und gab immer nur die Möglichkeit, die aus sicherheitlichen und betrieblichen Rücksichten notwendigsten Herstellungen durchzuführen. Naturgemäfs kamen für die Verlegung des schweren Oberbaues in erster Linie auch wieder die stärker beanspruchten Strecken in Frage, die gröfstenteils schon mit Staatsbahnoberbau ausgerüstet waren. Von unserem gesamten Gleisbestand (rund 10570 km) ist dermalen kaum $^1/_4$ mit schwerem Oberbau und im ganzen nicht viel mehr als 60 % mit den angeführten Einheitsformen ausgestattet. Im restlichen Teil, besonders auf Lokalbahnen und in Nebengleisen liegen noch von altersher in bunter Mischung mehr als 50 verschiedene Privatbahnschienenformen und — nur nach Schienenformen und Kreuzungswinkeln gezählt — über 110 verschiedene Weichenbauarten, so dafs in bezug auf Vielfältigkeit der Oberbauausgestaltung im Verhältnis zur Linienlänge die Österreichischen Bundesbahnen infolge der eigenartigen Entwicklung wohl zu den reichst bedachten Verwaltungen zu zählen sein dürften. Was das für die Gleiswirtschaft und die Erhaltung der Anlagen bedeutet, zumal die meisten früheren Erzeugungsstätten im heutigen Ausland liegen, kann für Gleisfachleute keinem Zweifel unterliegen. Mit zunehmender Besserung der Verhältnisse wird hoffentlich in nicht zu ferner Zeit die Notwendigkeit, um jeden Preis vom Bestand zu zehren, aufhören und durch rascheren Abschlufs der Vereinheitlichungsarbeiten die Bahn frei werden für eine übersichtlichere Gleiswirtschaft und die planmäfsige Ausgestaltung der Linien.

Die eingangs erwähnten Oberbauformen X und XI wurden seinerzeit in dieser Zeitschrift näher beschrieben*). Die Ausführung auf Holzschwellen war für die anfänglichen Betriebsverhältnisse vollkommen ausreichend und liefs sich, abgesehen von der Schwellenvermehrung, auch durch Einführung stärkerer Laschen und Platten, Anwendung von Schwellenschrauben und dergl. den steigenden Bedürfnissen ohne Schwierigkeit weiter anpassen. Die derart verstärkte Ausführung steht seit 1903 als Oberbauform Xa in Verwendung. Hingegen hat die Versuchsausführung auf Eisenschwellen bei der die von Oberinspektor H e i n d l entworfene und später auch von deutschen Bahnen, besonders von Bayern und Württemberg, übernommene Befestigungsart infolge der bekannten Mängel auf die Dauer wenig befriedigt, so dafs von 1892 an die Neueinlegung von Eisenschwellen im durchlaufenden Gleis aufgegeben wurde. Nur für Weichen, wo die durch die eiserne Unterschwellung gegebene Erleichterung einer genauen Montierung einen besonderen Vorzug bedeutet, wurde bei den zugehörigen Formen unter Vornahme einiger Verbesserungen an dieser Befestigungsart bis heute festgehalten.

Über unseren Stuhlschienenoberbau, Form Ia und die in der ersten Zeit hiermit gemachten Erfahrungen hat F i s c h e r - Z i c k h a r t s b u r g eingehend berichtet**). Leider haben die damaligen, nach den ersten Beobachtungsjahren in diesen Oberbau gesetzten Erwartungen in mancher Hinsicht sich nicht in dem Mafse erfüllt, dafs diese Oberbauform für Neuverlegung noch in Betracht kommen könnte.

Im nachstehenden soll daher nur unser dermaliger Einheitsoberbau Form A für Hauptbahnen hinsichtlich seiner Entwicklung und Bewährung näher besprochen werden. Die gegenwärtige Ausbildung ist den Darstellungen auf Taf. 41 zu entnehmen.

Die Schiene Form A hat 140 mm Höhe, 68 mm Kopfbreite, 112 mm Fufsbreite, 14 mm Stegstärke. Die seitlichen Begrenzungsflächen des Schienenkopfes sind parallel, die Laschenanlageflächen 1 : 4 geneigt. Gewicht der Schiene 44,35 kg/m, $J = 1442\ cm^4$, $W = 205\ cm^3$.

Die Schienen werden in der Regellänge von 15 m geliefert. In Streckenteilen, in denen eine Verringerung der Schienenstöfse besonders erwünscht ist, also auf Brücken, in eingeschotterten Bahnhofgleisen und in längeren Tunneln werden Schienen mit 20 und 25 m Länge verwendet.

Die Stofsverbindung wird weiter noch als Schwebestofs mit 50 cm Schwellenabstand und vier- oder sechslochigen Laschen von Z-förmigem Querschnitt ausgeführt.

Der Oberbau der laufenden Gleise liegt ausschliefslich auf Holz und zwar in der Regel auf getränkten Lärchenschwellen von 2,5 m Länge. Scharfe Krümmungen und Gefällstrecken werden mit Eichenschwellen ausgestattet.

Als Unterlagsplatten wurden in den ersten zehn Jahren neben den gewöhnlichen Keilplatten auf den Stofsschwellen und auf einem Teil der Mittelschwellen sogenannte Stuhlplatten verwendet***), die sich aber infolge raschen Verschleifses der

*) Organ 1888, Seite 85 und Taf. XII.
**) Organ 1904, Seite 151, 217, 248, Taf. LXXVIII bis LXXIX.
***) Organ 1904, Taf. LXXVIII, Abb. 26, Taf. LXXIX, Abb. 4 bis 7.

kleinen Klemmplättchen und schlechten Haltes der Fufsschrauben nicht bewährten.

Mit Rücksicht auf diese Mängel wurde im Jahre 1913 an Stelle der Stuhlplatten die auf den Linien der ehemaligen Nordwestbahn schon seit 1885 mit bestem Erfolg verwendete Spannplatte allgemein eingeführt (Abb. 3 und 6 auf Taf. 41 dieses Heftes). Die Bauart stammt bekanntlich von Hohenegger, dem späteren Baudirektor der österreichischen N. W. B., der sich schon in den 70er Jahren durch eine Reihe neuartiger, für seine Zeit höchst bemerkenswerter Oberbaukonstruktionen, wie seinen Oberbau auf eisernen Langschwellen, die Ausführung von Weichen mit Langschwellen, von doppelten Kreuzungsweichen mit umstellbaren Spitzen an Stelle der Doppelherzstücke u. dergl. m., in der Fachwelt einen besonderen Namen gemacht hat. Schon bei der ersten Bauart seines Langschwellenoberbaues vom Jahre 1875 finden wir Keilklemmplättchen, die in der Absicht angeordnet wurden, das durch Querbewegungen der Schiene hervorgerufene, schädliche Abscheuern der Schwellendecke möglichst zu verringern. Bei der zweiten Ausführung vom Jahre 1881 sind diese Plättchen bereits wendbar und für verschiedene Spannweiten ausgebildet, um die Spurerweiterungen im Gleis durch blofses Verschieben der Schiene auf den Langschwellen herstellen zu können. Aus diesen Ausführungen hat sich die Schienenbefestigung für den Spannplattenoberbau auf Holzschwellen herausgebildet. Die zugehörigen gewalzten Unterlagsspannplatten haben eine geneigte Schienenauflagerfläche, zwei schräge Stützleisten für die Keilklemmplättchen und in der Unterfläche zwei trapezförmige Nuten für den Sitz der Klemmplättchenbolzen. Bei den ersten Ausführungen war auf der Innenseite der Platte auch eine in das Schwellenholz eingreifende Randleiste vorgesehen, die aber wegen nachteiliger Einwirkung auf die Schwellen bald wieder weggelassen wurde.

Ferner wurden bei einigen Lieferungen die Klemmplättchen mit nasenförmigen Ansätzen ausgeführt, die neben dem Schienenfufs in eine Aussparung der Platte eingriffen und dadurch die Lage der Schiene genauer begrenzen sollten. Da diese Ansätze sich als entbehrlich und für die Klemmwirkung nur störend erwiesen, wurde diese Ausbildung gleichfalls bald aufgegeben. Irreführender Weise hat gerade diese ganz vorübergehende Versuchsausführung in der Fachliteratur ziemliche Verbreitung gefunden. Im wesentlichen haben die einzelnen Teile des Spannplattenoberbaues auch heute noch dieselbe Form wie vor 40 Jahren, nur die Abmessungen wurden der stärkeren Schienenform angepafst.

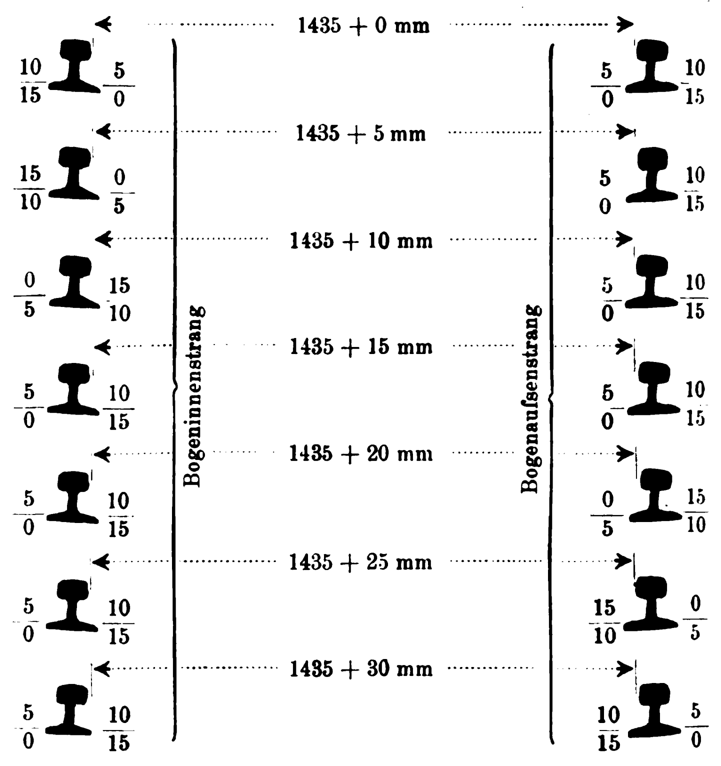
Unsere heutige Spannplatte, die wegen des geringen Unterschiedes in der Fufsbreite der Schienen A und Xa für beide Formen verwendbar ist, hat eine Länge von 354, eine Breite von 140 und eine Mindeststärke vom 12 mm. Zu jeder Spannplatte gehört ein für alle Fälle gleiches Klemmplättchenpaar (Abb. 11, 12, Taf. 41) mit zwei Fufsschrauben (Abb. 10, Taf. 41). Die beiden Klemmplättchen sind in der Länge um 10 mm verschieden. Jedes von beiden hat zwei verschiedene Klemmseiten, eine oben und eine unten, die in ihrer Länge K (siehe Abb. 3, Taf. 41) um 5 mm voneinander abweichen.

Länge der Klemmseiten beim

kleineren Klemmplättchen:	gröfseren Klemmplättchen:
$K_0 = a$	$K_{10} = a + 10$
$K_5 = a + 5$	$K_{15} = a + 15$.

Die Klemmplättchen sind nach den Übermafsen über das Grundmafs a bezeichnet, das kleinere also mit 0/5, das gröfsere mit 10/15. Diese Übermafse 0, 5, 10, 15 sind auf der betreffenden Seite des Plättchens eingeschlagen. Mit diesen vier Längen können, wie nachstehende Zusammenstellung zeigt, alle Spurerweiterungen von 0 bis 30 mm in Abstufungen von 5 zu 5 mm hergestellt werden.

Klemmplättchenlage bei den verschiedenen Spurweiten:



Die in gleicher Höhe stehenden Ziffern geben bei jeder Schiene die Summe 15. Die Summe der unteren Ziffern der beiden innenliegenden Plättchen gibt die Spurerweiterung an. Zwischenmafse in der Spurerweiterungsabstufung beim Bogeneinlauf und Auslauf sind durch leichtes Schiefstellen der Plättchen gegen die wagrechte Lage herstellbar.

Die Fufsschraube hat einen flachen vierkantigen Kopf, der an zwei Seiten nach der Neigung der Seitenfläche der Plattennut abgeschrägt ist, so dafs er beim Anziehen der Schraube keilförmig in die Plattennut hineingeprefst wird.

Die Befestigung der Platte auf der Schiene erfolgt auf der Innenseite mit einer Schwellenschraube (Abb. 8, Taf. 41), auf der Aufsenseite, wo die Befestigungsmittel neben den Klemmplättchen sitzen, mit zwei Achtkantnägeln (Abb. 9, Taf. 41). Die Schwellenschraube wurde gegenüber der ursprünglichen Form im Gewinde etwas verstärkt und im Halse derart abgeändert, dafs der zylindrische Teil auf jeden Fall bis in die Schwelle reicht. Der Achtkantnagel, der einem französischen Muster nachgebildet ist, gehört auch zu den Eigenheiten des Nordwestbahnoberbaues. Hohenegger hat über die damit angestellten Versuche seinerzeit*) ausführlich berichtet. Die seither gemachten Erfahrungen haben seine Schlufsfolgerungen im allgemeinen bestätigt.

Die Anzahl der Schwellen und die Verteilung der Platten wird den Beanspruchungsverhältnissen der Strecke angepafst (Abb. 7, Taf. 41).

Unsere Erfahrungen mit der Spannplatte dürften insoweit von allgemeinerem Interesse sein, als diese Befestigung und ihre Anwendung auf Eisenquerschwellen (Oldenburger Oberbau) gerade in den letzten Jahren anläfslich der Studien über den neuen Reichsbahnoberbau vielfach Gegenstand fachlicher Erörterung waren.

Um Mifsverständnissen vorzubeugen mufs aber ausdrücklich betont werden, dafs unsere Erfahrungen sich nur auf die Spannplattenbefestigung auf Holzschwellen beziehen und auf ähnliche Ausführungen für Eisenschwellen, wo die Verhältnisse vielfach anders liegen, natürlich nicht ohne weiters übertragbar sind. Die Spannplatte bildet in ihrer festen Verbindung mit

*) Organ 1878, S. 61.

der Schiene dem Wesen nach eine Verbreiterung des Schienenfufses und ist mit der Holzschwelle durch eine von der Schienenbefestigung völlig getrennte Befestigung verbunden. Bei jenen Ausführungen auf Eisenschwellen, wo die Schiene unmittelbar auf der steifen Schwelle steht, wird die Klemmplättchenbefestigung viel mehr in Mitleidenschaft gezogen. Weiter lassen sich bei den Platten die Stützleisten viel genauer herstellen, die Klemmplattenbolzen sitzen in der Platte fester und ruhiger als die Hakenschrauben im Langloch der Schwellen u. dergl. m.

Aus den vorstehenden Ausführungen geht hervor, dafs die Spannplatte schon durch mehr als ein Schienenalter auf der früheren Nordwestbahn, also auf der gefälls- und bogenreichen Schnellzugstrecke Wien—Tetschen—(Berlin) allgemein in Verwendung stand und dafs auf allen unseren Hauptlinien seit 14 Jahren die Schienenbefestigung nur mehr in dieser Weise durchgeführt wird. Ein Teil der vor dem Umsturz damit ausgerüsteten Linien liegt heute im tschechoslowakischen und polnischen Staatsgebiet, so dafs dieser Oberbau auch auf den dortigen Bahnen ziemliche Verbreitung hat.

Nach unseren Erfahrungen kann über den Spannplattenoberbau nur das beste Urteil abgegeben werden. Er hat sich unter allen von uns versuchten und verwendeten Oberbauarten in technischer und auch in wirtschaftlicher Beziehung bisher als die geeignetste Bauart erwiesen und leistet insbesondere in Strecken, in welchen ungünstige Lage- und Richtungsverhältnisse die Längs- und Querbewegungen der Schienenstränge begünstigen und andere Mittel versagen, ganz ausgezeichnete Dienste. Durch die beiderseitige Keilklemmplättchenbefestigung wird die Schiene nicht blofs kräftig niedergehalten sondern auch im wagrechten Sinne unter Ausschaltung der schädlichen Spielräume mit der Platte in einer Weise fest und winkelrecht verspannt, wie dies mit gewöhnlichen, nur lotrecht wirkenden Klemmen keinesfalls erreicht werden kann. Die unter den Muttern der Fufsschrauben angeordneten Federringe geben der Befestigung die nötige Geschmeidigkeit. Infolge der grofsen Auflagerfläche der Platten und der ruhigen Lage der Schiene arbeitet sich die Platte weniger in das Schwellenholz ein. Der Umstand, dafs die Plattenunterfläche durch die beiden Längsrinnen für die Fufsschraubenköpfe unterbrochen und hierdurch etwas verkleinert ist, kommt dabei nicht störend zum Ausdruck, sondern ist sogar insoweit von Vorteil, als die auf der Schwellenoberfläche sich bildenden flachen Rippen den Widerstand gegen seitliche Verschiebungen vergröfsern. Das strenge Festsitzen der Schiene äufsert sich in guter Spurhaltung, in einem gröfseren Widerstand gegen das Kanten der Schiene und in einer besonderen Widerstandsfähigkeit gegen Längsverschiebungen des Gleises. In letzterer Hinsicht sei erwähnt, dafs sich die Spannplatte in vergleichenden Versuchen mit Stemmwinkeln, Keilklemmen, Fufsklammern, Anstofsplatten u. dergl. als das beste und billigste Wanderschutzmittel erwiesen hat, so dafs die Anordnung besonderer, in der Regel nur einseitig wirkender Wanderstützen bei Spannplattenoberbau völlig entbehrlich wird. Selbstverständlich mufs auch das Schwellenholz den auftretenden Beanspruchungen gewachsen sein, weshalb in Strecken mit gröfseren Gefällen oder scharfen Krümmungen nach Möglichkeit harte Schwellen verwendet werden.

Der Spurweitenausgleich in den Klemmplättchen macht für eine bestimmte Schienenform die einheitliche Bohrung aller Spannplattenschwellen möglich (Abb. 13, Taf. 41). Die Schwellen können somit vor der Tränkung gebohrt und noch in der Anstalt unter Verwendung maschineller Hilfsmittel mit den Platten ausgerüstet werden. Die aus der Platte vorragenden Klemmplattenbolzen sind durch die aufgeschraubten Muttern gegen Beschädigungen beim Auflegen der Schienen geschützt. Da es nur zwei Arten von Klemmplättchen gibt, und dieses Paar bei jeder Platte Verwendung finden mufs, können übrigens auch die Plättchen schon in der Tränkungsanstalt beigegeben werden. Die Klemmplättchen werden in diesem Falle für die Versendung nach der Regelausteilung auf die Fufsschrauben aufgesteckt und um 90° verdreht auf der Platte leicht niedergeschraubt, so dafs die Auflagerfläche für die Schiene frei bleibt. Bei der Verlegung müssen dann allerdings bei einem Teil der Platten die Klemmplättchen gewendet oder vertauscht werden.

Die Anordnung der Plättchen je nach der Spurweite ist so einfach, dafs sie sich überall rasch einlebt und auch leicht überprüft werden kann. Die Umständlichkeit in der Stoffverteilung, die sich bei Verwendung einer gröfseren Anzahl von Plättchenformen mit wechselnder Zusammenstellung für die einzelnen Bogenhalbmesser ergibt, fällt hier vollständig weg. Die feste Verbindung der einzelnen Teile kommt auch in der Unterhaltung vorteilhaft zum Ausdruck. Die Fufsschrauben dieses Oberbaues lockern sich weniger und der Verschleifs an den Anlageflächen der Plättchen und am Schienenauflager ist infolge Einschränkung der Scheuerbewegungen im Vergleich zu anderen Oberbauarten auffallend gering. Die einfache Herstellbarkeit der wenigen Bestandteile macht die Befestigungsart auch verhältnismäfsig billig.

Der Besprechung gelegentlich geltend gemachter Mängel möchte ich einige allgemeine Bemerkungen über die Beurteilung von Oberbauausführungen vorausschicken. Ein Oberbau, der allen erdenklichen theoretischen und praktischen Forderungen voll entspricht, wird wegen der Mannigfaltigkeit und teilweisen Gegensätzlichkeit der Bedingungen überhaupt nie möglich sein. Das Bestreben, allem Rechnung zu tragen, führt leicht zu Ausbildungen, die eine der wichtigsten Eigenschaften eines guten Oberbaues, die Einfachheit, vermissen lassen. Man mufs daher für die Beurteilung bestimmte Voraussetzungen treffen und innerhalb deren sich auf ein vergleichsmäfsiges Urteil beschränken. Vor allem soll klar abgegrenzt sein, welchen Beanspruchungsverhältnissen die betreffende Ausführung im allgemeinen zu genügen hat. Aufsergewöhnliche Verhältnisse erfordern besondere Vorkehrungen, die bei Verallgemeinerung nur eine unnütze Verteuerung zur Folge hätten. Weiter mufs vorausgesetzt werden, dafs die gelieferten Bestandteile hinsichtlich ihrer Anarbeitung und Stoffbeschaffenheit den Forderungen, die man erfahrungsgemäfs stellen kann, auch wirklich entsprechen. Den nachteiligen Folgen schlechter Stoffbeschaffenheit, wie beispielsweise der oft nur bei einzelnen Lieferungen beobachteten, ganz aufsergewöhnlichen Neigung zur Rostbildung und zu raschem Verschleifs soll durch Einflufsnahme auf die Erzeugung und nicht durch übertriebene Zugaben in den Abmessungen gesteuert werden. Schliefslich mufs auch mit einem gewissen Mafs von Verständnis und Sorgfalt der mit der Verlegung und Unterhaltung betrauten Stellen gerechnet werden, denn bei völlig unsachgemäfser Behandlung würde auch die beste Ausführung versagen. Bei Berücksichtigung dieser Voraussetzungen verliert mancher kritische Einwand in bezug auf die allgemeine Beurteilung einer Bauart sehr an Bedeutung.

Es ist beispielsweise, wie dies vermutet wurde, uns nie bekannt geworden, dafs das Fehlen von Randleisten zur Führung des Schienenfufses bei diesem Oberbau eine Schwierigkeit für die Verlegung oder für das Ausrichten des Gleises zur Folge gehabt hätte, oder dafs durch einseitiges Nachziehen der Fufsschrauben Verdrückungen des Gleises herbeigeführt werden. Die betreffenden Strecken liegen im Gegenteil sehr gut und lassen sich leichter in der richtigen Lage erhalten als unsere übrigen Oberbauformen. Es ist ein Vorteil dieser Befestigungsart, dafs die bei der Verlegung oder im Betrieb sich ergebenden Abweichungen durch geringes Neigen der Plättchen oder dafs eintretende Spurübererweiterungen in Bogen bis zu einem gewissen Grad ohne Übernagelung durch Wenden der Plättchen ausgeglichen werden können. Auch irgendwelche Unzukömm-

lichkeiten durch den Umstand, dafs bei geneigten Klemmplättchen nicht Flächen, sondern nur Kanten zur Anlage kommen, sind nirgends in fühlbarer Weise aufgetreten. Die Bedeutung der theoretischen Druckflächen dürfte im allgemeinen zu sehr überschätzt werden. Wie die gewöhnlich sehr kleinen Glanzstellen bei abgehobenen Schienen, Laschen und Plättchen zeigen, werden die vorhandenen Druckflächen in den seltensten Fällen ausgenützt. Viel ausschlaggebender als die Steigerung des spezifischen Flächendruckes ist für den Verschleifs das Mafs der gegenseitigen Bewegung der einzelnen Teile. In dieser Hinsicht liegen beim Spannplattenoberbau, wo bei entsprechender Erhaltung alles fest verspannt ist, die Verhältnisse ungleich günstiger. Tatsächlich sind selbst bei 20 Jahre alten Platten die Ausscheuerungen an den Stützleisten in der Regel nicht tiefer als 1 bis 2 mm, auch sind Nacharbeiten am Kleinzeug (Aufpressen der Anlageflächen) bei diesem Oberbau bisher nie notwendig gewesen. Wir haben daher gegen dieses leichte Schiefstellen der Plättchen — es kann sich nach der Spurweitenabstufung und der Plättchenlänge nur um eine Neigung bis etwa 1 : 30 handeln — keinerlei praktische Bedenken.

Von gröfserer Bedeutung ist der Umstand, dafs bei Lockerung der Fufsschrauben die Plättchen leicht auf den Schienenfufs aufsteigen, so dafs die Schiene den seitlichen Halt verliert und bis zum Bolzen ausweichen kann. Bei unserer Regelausführung, die schon aus Gründen der Sparsamkeit auf den Zwischenschwellen gewöhnliche Randplatten vorsieht, spielt diese Frage keine besondere Rolle. Wir hätten aber nach den gemachten Erfahrungen auch keine sicherheitlichen Bedenken, durchlaufend Spannplatten zu verwenden, wie dies in Ausnahmefällen auch heute schon vielfach geschieht. Ein erprobtes Beispiel hierfür gibt der schon erwähnte Oberbau mit eisernen Langschwellen der Nordwestbahn und der Oberbau auf Brücken dieser Verwaltung mit Blechunterzügen vom Spannplattenquerschnitt, die beide mit durchgängiger Keilplättchenbefestigung ausgeführt waren. In dieser Frage kommt es ausschliefslich auf die Verläfslichkeit der Erhaltung an. Wenn bei gewöhnlicher Plattenbefestigung auf einer Reihe von Schwellen die inneren Befestigungsmittel locker im Holz sitzen oder bei mehreren aufeinander folgenden Schienenstühlen die Holzkeile herausgefallen sind, so ist das für das Kanten oder Ausweichen der Schienen ebenso gefährlich, wie wenn eine ganze Reihe von Fufsschrauben locker ist. Dabei ist das Nachziehen der Schrauben für den Streckenbegeher jedenfalls einfacher als die sofortige und verläfsliche Behebung der vergleichsweise angeführten Mängel. Das Gefahrenmoment wird auch dadurch bedeutend verringert, dafs das Lockern und Aufsteigen fast nur bei dem schlechter übergreifenden und auch stärker beanspruchten inneren Klemmplättchen beobachtet wird. Nach allem dürfte es zu weitgehend sein, in dem nur bei grober Fahrlässigkeit möglichen Versagen der Schraubenbefestigung auf einer gröfseren Anzahl aufeinander folgender Schwellen einen besonderen Nachteil der Bauart zu sehen.

Hinsichtlich des Einwandes, dafs die Fufsschraube zu weit vom Schienenfufs sitze, ist darauf zu verweisen, dafs es sich bei diesen Plättchen nicht allein um einen einarmigen Hebel, sondern mehr um einen Keil handelt, der eine im Mittel sitzende Schraube verlangt. Beim kleineren Plättchen ist dieser Bedingung entsprochen, beim gröfseren wird durch die einseitige Verlängerung des Plättchens eine Verschiebung des Schraubensitzes aus der Mitte unvermeidlich.

Der häufigste und auch verständlichste Einwand geht dahin, dafs die Fufsschraube nicht von oben eingebracht und daher nur unter Abnahme der Platte ausgewechselt werden kann. Wir haben uns mit dieser Frage viel befafst. Alle Studien aber zeigten, dafs die Erfüllung dieser Bedingung nur durch Preisgabe der jetzigen einfachen Ausführung und durch Verteuerung und Verschlechterung der Platten- und Klemmplättchenform erkauft werden könnte. Anderseits wurde durch Rundfragen festgestellt, dafs die Notwendigkeit der Auswechslung dieser Schrauben so selten auftritt, dafs sie statistisch kaum zu erfassen ist. Der versenkte vierkantige Kopf versagt niemals. Wenn die Schraube entsprechend behandelt und ihr Gewinde von Zeit zu Zeit geölt wird, bleibt sie ohne weiters ebenso wie die Platte und die Klemmplättchen mindestens auf die Lebensdauer der Holzschwelle verwendungsfähig. Als Auswechslungsursache kommt somit, abgesehen von allfälligen Beschädigungen bei Entgleisungen, nur das Reifsen der Bolzen oder das gewaltsame Abdrehen eingerosteter Muttern in Betracht.

Nach unseren Feststellungen auf den von Wien ausgehenden Linien werden bei acht bis zwölfjährigem Spannplattenoberbau im Jahr nur 0,8 bis 2,7 $^0/_{00}$ der verwendeten Fufsschrauben ausgewechselt. Hiernach könnte man schliefsen, dafs ohne Rücksicht auf das Alter, im Jahre durchschnittlich etwa 2 $^0/_{00}$ oder innerhalb der fünfzehnjährigen Liegedauer von Platten und Schwellen etwa 3 $^0/_0$ der Fufsschrauben erneuert werden. Die wegen der Einbringung der Schrauben von unten dabei auflaufenden Mehrkosten sind so gering, dafs ihre Beseitigung nur dann wirtschaftlich gerechtfertigt wäre, wenn sich hierdurch der Gesamtanschaffungspreis für die zugehörigen Platten und Schrauben um nicht mehr als höchstens 3,5 bis 4 $^0/_0$ erhöhen würde. Da diese Bedingung kaum erfüllbar ist und das Abgehen von der bisherigen Ausführung anderweitige Nachteile befürchten läfst, haben wir uns entschlossen an der Form der Fufsschraube und ihrer guten Verankerung in der Platte weiter festzuhalten.

Die Spannplatte selbst erscheint auf den ersten Blick etwas zu schwach. Bis jetzt aber haben sich Verbiegungen und Brüche nur selten gezeigt. Es schafft natürlich keine Schwierigkeiten, die Platte erforderlichenfalls etwas stärker zu walzen. Die dünne Platte scheint aber einen geheimnisvollen Vorteil zu haben, der darin liegt, dafs sie sich, wenn die Klemmplättchen an die oberen Ränder der Plattenleisten stark angeprefst werden, in ihrer Hauptachse etwas nach oben wölbt, wodurch die Lagerung verbessert, die Spannwirkung erhöht und die Bruchgefahr etwas vermindert wird.

Zusammenfassend kann gesagt werden, dafs bisher keiner der besprochenen Mängel zu nennenswerten Anständen geführt hat und dafs auch unsere Aufsendienststellen diesem Oberbau das beste Zeugnis ausstellen.

Wir haben daher auch die Absicht, bei dem in nächster Zeit jedenfalls unvermeidlich werdenden Übergang auf eine schwerere Schienenform (gedacht wird an die Übernahme der deutschen Einheitsform S 49) in bezug auf die Befestigung an der Spannplatte festzuhalten. Nach den bisherigen Bewährungsergebnissen werden hierfür neben den nötigen Verstärkungen nur einige unwesentliche Änderungen in Aussicht genommen, die noch kurz angedeutet werden sollen.

Da die Schiene nicht in der Mitte, sondern näher dem äufseren Rande der Platte aufruht, drückt sich besonders im Aufsenstrang von Bogen der äufsere Teil der Platte mehr in die Schwelle ein als der innere. Dieser Übelstand läfst sich durch Verbreiterung der Platte nach aufsen und Anordnung der Schwellenbefestigung aufserhalb der Klemmplättchen in einfacher Weise beheben. Ferner wäre der Querschnitt der Platte derart auszubilden, dafs die Klemmplättchen nicht wagrecht, sondern in der Neigung 1 : 20 liegen und bei den Klemmplättchen die lotrechte Anlagefläche der den Schienenfufs haltenden Klaue soweit als möglich zu vergröfsern. Durch diese Änderungen wird der Übergriff der Klemmplättchen verbessert und damit die Gefahr des Aufsteigens der Plättchen bedeutend verringert. Die in Aussicht genommene Verkleinerung der Spurerweiterungen

wird es voraussichtlich auch ermöglichen, die Abstufungen in den Klemmplättchenlängen kleiner zu halten, so dafs das Neigen der Plättchen für Zwischenmafse der Spurweite noch weniger fühlbar wird. Bei Ausbildung der Platte wird auf die Verwendung von Pappelholzplättchen unter dem Schienenfufs Rücksicht genommen werden.

Wir hoffen durch diese geringfügigen Verbesserungen an der bisherigen Schienenbefestigung und die kräftigere Schiene und Stofsverbindung zu einem Oberbau zu gelangen, der bei verhältnismäfsig einfacher und billiger Ausführung auch den zu gewärtigenden höheren Betriebsanforderungen zufriedenstellend zu entsprechen vermag.

Oberbaulager und Werkstätte Wörth.

Von Hofrat Ing. **Hromatka**, Generaldirektion der Österreichischen Bundesbahnen.

Schon vor dem Kriege haben die ehemaligen Österreichischen Staatsbahnen sich mit der Absicht getragen, für mehrere Staatsbahndirektionen zusammen Oberbauwerkstätten nach dem Muster der Preufsisch-Hessischen Staatsbahnen zu errichten. Die Frage war soweit gediehen, dafs zunächst zwei Werkstätten nördlich und eine südlich der Donau errichtet werden sollten. Der Krieg hat diese Absicht vereitelt.

Nach dem Zusammenbruche wurden die verschiedenen staatlichen Fabriken für Kriegsbedarf in Österreich zu den »Staatlichen Industriewerken« zusammengefafst und einzeln abgestofsen oder verkauft. Bei dieser Gelegenheit ist es nun den Österreichischen Bundesbahnen möglich gewesen, einen Teil der sogenannten Wörther Werke am 12. Juli 1922 zu erwerben und die schon lang gehegte Absicht zu verwirklichen, eine Oberbauwerkstätte in Verbindung mit einem Oberbaulager zu errichten.

Die Oberbauwerkstätte Wörth liegt im km 67,7/68,4 der Linie Leobersdorf—St. Pölten und wird von der Betriebsausweiche Spratzern nächst St. Pölten bedient. Grundfläche und Werkstättenraum ist derart reichlich vorhanden, dafs Wörth als Lager für das Gesamtnetz der Österreichischen Bundesbahnen vollkommen ausreicht.

Für die Lagerung steht ein durch Gleise entsprechend aufgeschlossenes, heute jedoch noch nicht voll ausgenütztes freies Gelände von 15·904 ha, weiter die Halle I im Ausmafs von 145 m auf 19,4 m mit einem lichten Kellergeschofs von gleicher Fläche und schliefslich die Halle III im Ausmafs von 100 m auf 19,4 m, zusammen also 7766 m² gedeckter Raum zur Verfügung. Die Werkstätte ist in Halle II im Ausmafs von 145 m auf 19,4 m und in der anschliefsenden Schmiede im Ausmafs von 32,7 m auf 15,3 m mit zusammen 3313 m² Fläche untergebracht (siehe Abb. 1 bis 4).

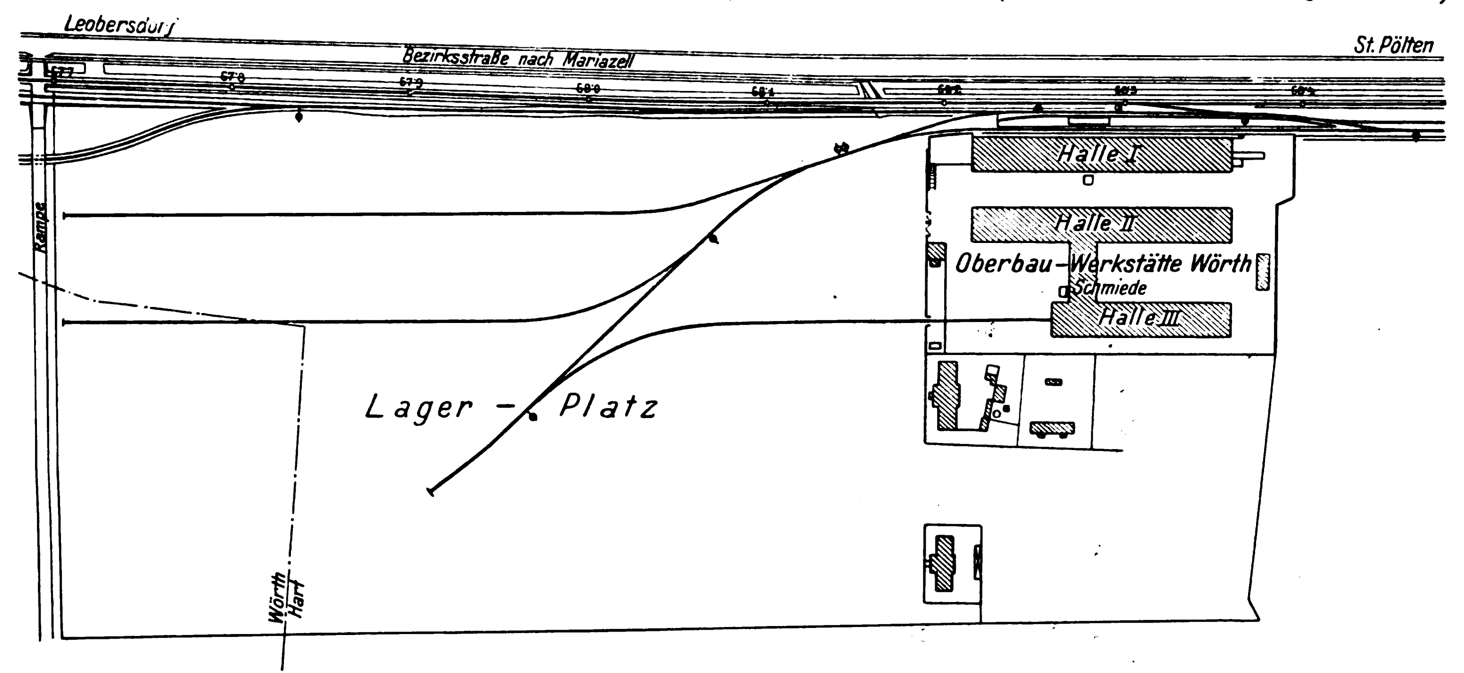


Abb. 1. Lageplan des Oberbaulagers und der Werkstätte Wörth.

In das Lager werden, soweit die Verwendungsstellen bei der Beschaffung noch nicht bekannt sind, alle für Gleisumbauten und Erhaltung notwendigen Eisenoberbaustoffe eingeliefert und je nach Bedarf von hier versandt. Weiter werden die bei den Streckenleitungen anfallenden Altstoffe (ausgenommen Schrott) in Wörth gesammelt, gesichtet und soweit sie noch für eine Umarbeitung oder Auffrischung geeignet sind, instandgesetzt.

Die Oberbauwerkstätte und das Lager Wörth sind dem Bahnerhaltungsdienste (und zwar der Streckenleitung St. Pölten I) unterstellt. Mafsgebend hierfür war nicht allein die Lage von Wörth sondern auch der Umstand, dafs bei der Mannigfaltigkeit der in Österreich liegenden Oberbau- und Weichenformen eine ganz besondere Kenntnis der verschiedenen Oberbauformen erforderlich ist, um allen Anforderungen hinsichtlich Beistellung und Erzeugung gerecht werden zu können.

Maschinentechnisch steht der Streckenleitung ein fachlicher Berater zur Seite, der in der einschlägigen Privatindustrie tätig gewesen ist.

Die Werkstättenanlage hatte bei der Übernahme trotz der nach dem Zusammenbruch erfolgten Umstellung auf Friedenserzeugnisse nicht die für eine Oberbauwerkstätte erforderliche maschinelle Einrichtung. Es mufsten vorhandene Maschinen um- und neue Maschinen für den besonderen Zweck eingestellt werden, um eine wirtschaftliche Arbeit zu erzielen.

Als Kraft wird Drehstrom von 50 Perioden und 5000 Volt Spannung von den städtischen Betrieben in St. Pölten bezogen.

Der Werkstätte sind u. a. zugewiesen: Die Instandsetzung von Weichen, die Auffrischung von Kleineisen aller Art, wie Umschmieden oder Umpressen von Hakennägeln, Spur- und Klemmplättchen, das Auffrischen alter Eisenschwellen, Instandsetzen von Blockherzstücken, Herstellung verschiedener in der

laufenden Oberbauerhaltung benötigter abnormaler Gegenstände usw., schliefslich die Instandsetzung von Draisinen, Bahnmeisterfahrrädern, Bahnwagen, Bremsschuhen und Oberbauwerkzeugen aller Art.

Auf die Erfassung der Ausgaben wird ein besonderes Gewicht gelegt. Es werden eigene Konten für Löhne und Gehälter, Abschreibung und Erhaltung, für Werkzeuge und Transmissionen, für Instandhaltung der Licht-, Kraft- und Wasserleitungen usw., geführt. Da die Anlage nicht auf Gewinn berechnet ist, wird der Unkostensatz nicht höher als unbedingt notwendig angesetzt.



Abb. 2. Innenansicht der Werkstättenhalle.

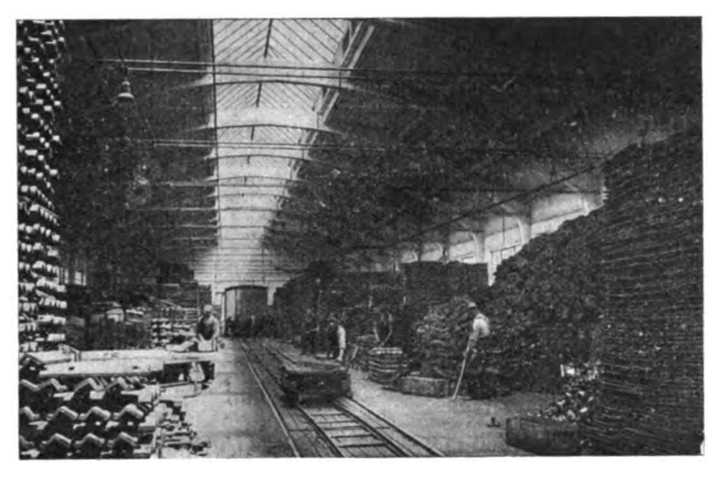


Abb. 3. Innenansicht der Lagerhalle III.

Über die Verwaltungseinrichtungen der Oberbauwerkstätte Wörth, wurde bereits früher in dieser Zeitschrift*) berichtet. Mit vorliegendem soll, ohne auf Einzelheiten hinsichtlich der maschinellen Einrichtung einzugehen, nur die wirtschaftliche Seite der Werkstätte, im besonderen die Wirtschaftlichkeit der Auffrischung von Oberbaustoffen besprochen werden.

Die Frage der Auffrischung von Kleineisen ist für jede Eisenbahnverwaltung von besonderer Wichtigkeit. Der Jahresanfall an Kleineisen betrug bei den Österreichischen Bundesbahnen

im Jahre 1925 . . . 3615 t,
im Jahre 1926 . . . 3472 t,
im Durchschnitt . . . 3548 t oder rund 3500 t

und umgerechnet auf 1 km Gleis (Gesamtgleislänge 10570 km) 0,34 t. Unterlagsplatten und Laschen und jenes Kleineisen, das von den Aufsendienststellen nach grober Durchsicht als für die Auffrischung nicht geeignet befunden worden ist, wird unmittelbar dem Verkaufe zugeführt, alles andere, das sind rund 1500 t, nach Wörth zur genauen Durchsicht oder Auffrischung gesendet.

*) Organ 1926, S. 371.

Um festzustellen, wieviel auffrischungsfähige Stoffe das so anfallende Alteisen enthält, wurden bei zehn hintereinander einlaufenden Wagen im Gesamtgewicht von 107,5 t die Zeit zur Durchsicht sowie das Gewicht der ausgesuchten Gegenstände ermittelt. Das Durchsehen erforderte einen Arbeitsaufwand von 1221 Stunden und ergab



Abb. 4.
Ansicht der Werkstätten- und Lagerhallen vom Lagerplatz aus.

7450 Stück Hakennägel, aus denen durch Umschmieden vollwertige Nägel erzeugt werden könnten, Abb. 5 (1, 2);
42094 Stück Hakennägel im Querschnitt stark geschwächt für Hauptbahnnägel minderer Güte oder als Schmalspurnägel geeignet, Abb. 5 (3 bis 4);
14953 Stück Schwellenschrauben;
4904 Stück einzelne Muttern;
3108 Stück Klemmplättchen, Abb. 6 (1 bis 8);
5428 verschiedene Schrauben

im Gesamtgewicht von 30055 kg. Der verwertbare Anteil betrug in diesem Falle also 28 %. Erfahrungsgemäfs war obige Sendung eine sogenannte schlechte Sendung mit vielen, nur als Schrott zu wertenden Oberbaustoffen, da die durchschnittliche Ausbeute an auffrischungsfähigen Stoffen rund 35 bis 40 % beträgt. Es wird aber der Untersuchung absichtlich ein besonders ungünstiger Fall zugrunde gelegt.

Beim Verkauf dieser 107,5 t ergibt sich folgender Erlös:

Erlös für 107,5 t zu S 50,—		5375,—
Hiervon ab Aufladekosten 107,5 zu S 5,—	S 538,—	
Frachtkosten für einen mittleren Beförderungsweg nach Eisenerz 107,5 × S 14	S 1505,—	S 2043,—
Somit Reinerlös . .		S 3332,—

Der Ankaufwert von neuen Oberbaustoffen an Stelle der in Wörth aufgefrischten beträgt:

7450	Stück Hakennägel zu S 0,18	S 1341,—
30000	Stück Hakennägel II S 0,12	S 3600,—
12094	Stück Schmalspurnägel S 0,14 . . .	S 1693,—
14953	Stück Schraubennägel umgearbeitet auf Hakennägel S 0,18	S 2691,—
4904	Stück Muttern, werden nicht berücksichtigt	—
3108	Stück Klemmplättchen im Mittel S 0,90	S 2797,—
5428	Stück verschiedene Schrauben im Mittel S 0,65	S 3528,—
	Zusammen	S 15650,—

Beim unmittelbaren Verkauf der in Frage kommenden 107,5 t Kleineisen hätte die Verwaltung eine Einnahme von S 3332,— erzielt, müfste aber für den Ankauf von neuen Oberbaustoffen einen Betrag von 15650 S ausgeben und hätte somit einen Verlust von 15650 — 3332 = 12318 S.

Die Auffrischung des ausgesuchten Kleineisens in Wörth kostet:

Aufladekosten für 107,5 t zu S 5,— . . .	S	538.—
Frachtkosten für einen mittleren Beförderungsweg nach Spratzern 107,5 × 11	S	1183,—
Abladekosten in Wörth 107,5 × 2,5 S. . . .	S	269,—
Sortierungskosten in Wörth 1221 Std. × 1 S .	S	1221,—
Kosten für Auffrischung:		
7450 Stück Hakennägel Ia S 0,06	S	447,—
30000 Stück Hakennägel IIa S 0,06 . . .	S	1800,—
12094 Schmalspurnägel S 0,09	S	1088,—
14953 Stück Schwellenschrauben S 0,12 . .	S	1794,—
3108 Stück Klemmplättchen S 0,05 . . .	S	155,—
5428 Stück versch. Schrauben S 0,17 . . .	S	922,—
Aufladekosten in Wörth für das dem Verkaufe zuzuführende Zerreneisen (107,5 — 30,0 = 77,5) 77,5 t × 5 S	S	387,—
Frachtkosten Spratzern-Eisenerz 77,5 × 11,3 S	S	876,—
	S	10680,—
Hiervon ab Erlös beim Verkauf des Zerreneisens 77,5 × 50.—	S	3875,—
Gesamtkosten	S	6805,—

Durch das Auffrischen werden somit Oberbaustoffe im Werte von 15650 S zum Preise von 6805 S beschafft oder ein Nutzen von 8845 S oder für 1 t rund 82 S erzielt. Das Auffrischen von Kleineisen ist also selbst in jenen Fällen wirtschaftlich, wo das Ergebnis der Durchsuchung nur 28 % auffrischbares Kleineisen ergeben hat. Auf die Gesamtheit des bei den Österreichischen Bundesbahnen in einem Jahre anfallenden Kleineisens umgerechnet ergibt sich ein Nutzen von 1500 t × 82 = 123000 S.

Über die Arbeitsvorgänge bei der Auffrischung wird mitgeteilt:

Die Umarbeitung der nicht vollwertigen **Hakennägel** auf Schmalspurnägel (Abb. 5) geschieht in einem eigenen Gesenke. Der alte Nagel wird zunächst mit dem Nagelhammer gerade gerichtet, nach Erwärmung auf eine ebene Platte nächst der Presse aufgelegt, mit einer eigens konstruierten Zange gefafst und samt der Zange in das Stauchgesenke der Presse geschoben. Ehe der Stauchstempel niedergeht, wird die Zange durch zwei Führungsstempel festgehalten. Geht der Stauchstempel hoch, so wird die Zange mit dem Nagel aus dem Gesenke gezogen, in die unmittelbar daneben angeordnete Stanze eingeschoben, beim Niedergehen des Prefsstempels zuerst von dem Führungsstempel gefafst, hierdurch in die richtige Lage gebracht, so dafs die mitgehende Stanze den Nagel treffen mufs und das überschüssige Eisen vom Nagel abgeschert wird. Der gestanzte Nagel fällt durch die Presse, wird unter dem Nagelhammer gespitzt und vom Prefsgrat befreit. Die Kosten eines Schmalspurnagels stellen sich auf 9 Groschen für 1 Stück.

Wegen des immer gröfser werdenden Anfalls von **Schwellenschrauben** wurde auch ihre Umarbeitung auf Hakennägel eingehend erprobt. Diese Versuche verursachten grofse Schwierigkeiten und es schien fast unmöglich, einen wirtschaftlichen Arbeitsweg zu finden. Die Verteilung des Werkstoffes ist beim Hakennagel und bei der Schwellenschraube wesentlich verschieden, führt beim gewöhnlichen Arbeitsvorgang zu einer Überlappung des Eisens im Schafte und dadurch zum Bruch des erzeugten Nagels. Wird aber dem Schwellenschraubenkopfe durch einen vorbereitenden Arbeitsgang eine konische Form gegeben, so ist es möglich einwandfreie Hakennägel aus Schwellenschrauben zu erzeugen. Die einzelnen Arbeitsstufen sind aus Abb. 5 (5 bis 9) ersichtlich. Die Arbeitskosten bei einer täglichen Leistung von 2500 Stück berechnen sich zu 9,3 g; bei Hinzuzählung des Altwertes der Schwellenschraube kostet der neue Hakennagel 12 g.

Die bei den Österreichischen Bundesbahnen verwendeten **Herzstücke** sind zum gröfsten Teil Blockherzstücke — es liegen 11133 einfache und 1023 doppelte Blockherzstücke — zum geringeren Teile Herzstückspitzen mit Flügelschienen. Nach einer Abnützung von höchstens 12 mm können Blockherzstücke nicht mehr in Hauptgleisen belassen werden; im Verhältnis zu den Abmessungen und zum Gewicht des Herzstückes sicherlich eine unwirtschaftliche Ausnützung selbst dann, wenn eine Liegedauer von 15 Jahren erreicht wird. Es wurde darum angestrebt,

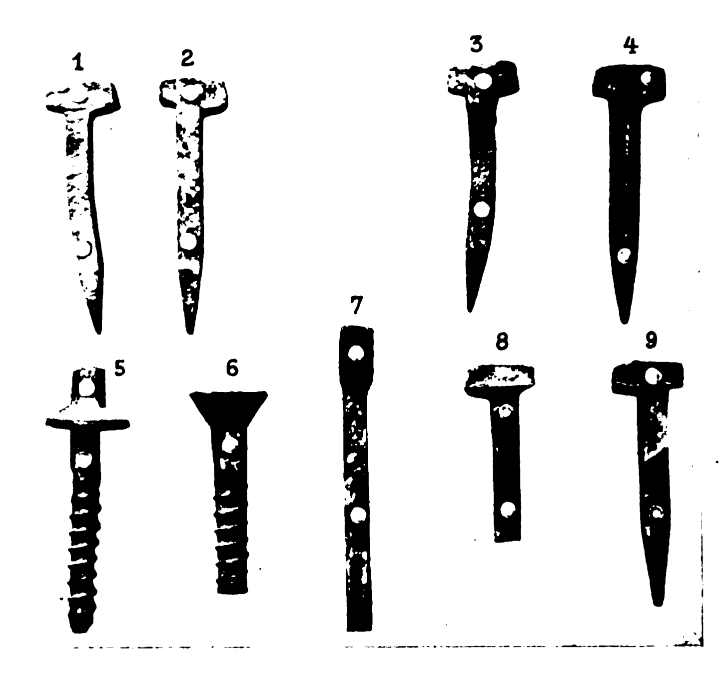


Abb. 5. Umpressen von Hakennägeln und Schwellenschrauben
1, 2 Umpressen von wenig abgenützten und verbogenen Hakennägeln.
3, 4 Umpressen von stark abgenützten Hakennägeln.
5 bis 9 Umpressen von alten Schwellenschrauben auf Hakennägel.

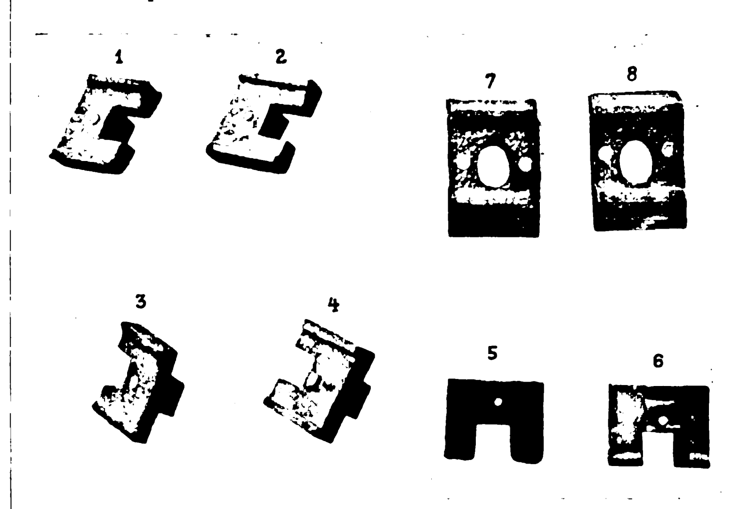


Abb. 6. Umpressen von abgenützten Spurbeilagen und Klemmplättchen.

die ausgebauten Blockherzstücke wieder so instandzusetzen, dafs sie wenigstens weitere 15 Jahre verwendet werden können.

Zunächst wurden eingehende Versuche mit der elektrischen Aufschweifsung von Herzstücken gemacht. Wenn auch einzelne Versuche günstiger ausfielen und solcherart aufgeschweifste Herzstücke schon mehrere in der Bahn liegen ohne Abbrüche des Schweifsgutes zu zeigen, entsprach das Aufschweifsen doch nicht in allen Fällen den Erwartungen. Wörth setzt derzeit Blockherzstücke in der Weise instand, dafs die Oberfläche der Fahrfläche und Rille um 12 mm gleichmäfsig abgehobelt wird und durch Unterlegen einer gleichstarken Platte und Beigabe

von gekröpften Laschen für den Einbau wieder geeignet gemacht werden. Das Mafs von 12 mm wird einheitlich festgehalten, damit nicht unnötig viel Übergangslaschen und Unterlagsplatten verwendet werden müssen. So instandgesetzte Herzstücke können auch in Hauptgleisen eingebaut werden; die bis jetzt gemachten Erfahrungen haben voll befriedigt.

Die Kosten der Instandsetzung eines solchen Herzstückes z. B. des einfachen Blockherzstückes 6°, Form Xa im Gewichte von 385 kg stellen sich wie folgt:

Das Einspannen und Abhobeln erfordert .	15 Std.
Kröpfen von 4 Stück Laschen zu 40 Min. .	2 Std. 40 Min.
Anfertigen der Unterlagsplatten	50 Min.
	18 Std. 30 Min.
$18^h30'$ (einschl. Akkordprämie)	S 23,79
150 % Regiezuschlag	S 35,68
Flacheisen oder Kesselblech 1/390, 1/440, 1/480 = 1310 mm lang × 150 mm breit × 12 mm stark = 18,5 kg × 30 g	S 5,55
Altwert der Herzstückes	S 19,25
	S 84,27

Demgegenüber kostet ein neues Herzstück 264,— S, ein altbrauchbares 132,— S (halber Neuwert).

Besonders starkem Verschleifs unterliegen bekanntlich die verschiedenen Arten von Gleit- und Schienenstühlen bei den Weichen. Bis jetzt mufsten diese nach einer Abnützung von höchstens 4 mm ausgebaut und zum Schrott geworfen werden. In Wörth wird die fehlende Eisenmasse durch elektrische Aufschweifsung und Beigabe einer Unterlagsplatte ersetzt, die Fläche wird abgehobelt und die Lochung nachgebohrt. Die so instandgesetzten Gleitstühle werden auf aufgefrischte Weichenschwellen genietet und bei altbrauchbaren Weichen statt neuer Gleitstühle verwendet (Abb. 7 und 8).

Ohne in Einzelheiten einzugehen, sei mitgeteilt, dafs Gleit- und Schienenstühle Form Xa und zwar:

Waren Nr. 22910,	5,5 kg schwer,	Neuwert	6,05 S	für 2,10 S,
» » 22911,	9,6 » »	»	10,56 »	» 3,45 »
» » 22952,	9,15 » »	»	10,06 »	» 3,47 »
» » 22951,	3,75 » »	»	4,13 »	» 1,38 »
» » 22954,	7,00 » »	»	7,70 »	» 2,07 »

instandgesetzt werden.

Auch diese Arbeiten haben sich als durchweg wirtschaftlich erwiesen und im Betrieb voll bewährt.

Abgenützte, namentlich gesprungene Eisenschwellen für Weichen wurden vor Errichtung der Oberbauwerkstätte Wörth bei den einzelnen Streckenleitungen in einfachster Weise durch Einnieten eines Fleckes in den Hohlraum der Schwelle instandgesetzt. Jetzt wird die Instandsetzung einheitlich in Wörth durchgeführt. Zunächst war die Frage des jährlichen Anfalles an instandsetzbaren Eisenschwellen zu klären, sodann die Art, wie diese Instandsetzung vorgenommen werden soll. Bei einem Stande von 296 664 Stück am 1. Juli 1926 in der Bahn liegenden eisernen Weichenschwellen wurden im Jahre 1926 318 186 kg oder rund 10 860 laufende Meter Weichenschwellen ausgewechselt, was auf die Zahl der liegenden Eisenweichen (5772 Stück) umgerechnet einen Anfall von (10 860 : 5772 =) 1,9 m für eine Weiche ergibt.

Diese verhältnismäfsig niedrige Ziffer erklärt sich aus dem Umstande, dafs in den letzten 15 Jahren fast ausschliefslich Weichen auf Eisenschwellen in die Hauptgleise eingebaut wurden und auch der ganze Anfall an altbrauchbaren Eisenweichen in den Nebengleisen wieder verwendet wurde. In den nächsten Jahren aber wird der jährliche Anfall für eine Weiche sicherlich auf 5 bis 6 m ansteigen.

Die zweite Untersuchung bezog sich auf die Frage, in welcher Weise Eisenschwellen instandzusetzen seien.

Die aus der Bahn kommenden Eisenschwellen zeigen einerseits mehr oder minder lange, von den Ecken der Stanzlöcher ausgehende Anrisse (Abb. 9), andererseits volle Durchbrüche an den Schienenauflagestellen (Abb. 10). Eine einfache Über-

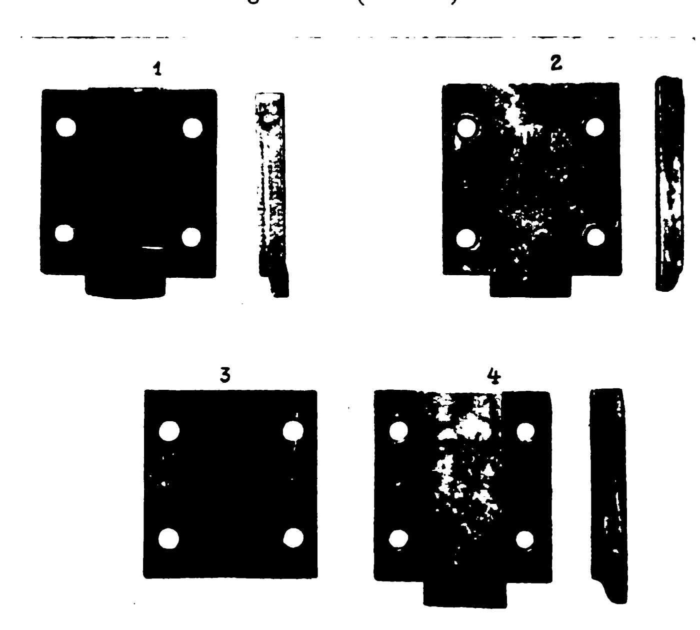


Abb. 7. Instandsetzung von abgenützten Gleitstühlen.
1 Abgenützter Gleitstuhl. Gleitfläche und Unterfläche der Nase ausgescheuert. (Draufsicht und Querschnitt.) 2 Fehlendes Material an der Unterfläche der Nase elektrisch aufgeschweifst. (Untersicht und Querschnitt.) 3 Gelochtes Unterlagsblech. 4 Instandgesetzter Gleitstuhl. (Gleitfläche und Unterfläche der Nase in richtigen Mafsen gehobelt.) Unterlagsplatte (Bild 3) in der Stärke der oberen Abhoblung beigelegt. (Draufsicht und Querschnitt.)

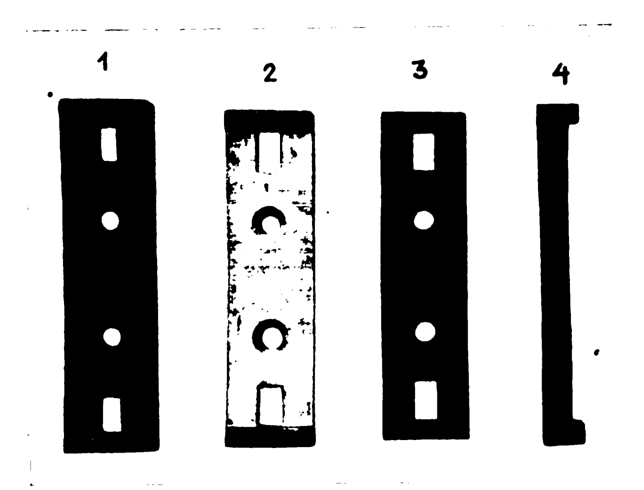


Abb. 8. Instandsetzen abgenützter Zwangschienenstühle.
1 Stuhl mit abgenützter Fläche. (Draufsicht.) 2 Abgenützte Fläche abgehobelt. (Draufsicht.) 3 Gelochtes Unterlagsblech in der Stärke der Abhoblung. (Draufsicht.) 4 Gehobelter Stuhl mit Unterlagsblech. (Querschnitt.)

legung ergibt, dafs das Verschweifsen der Risse nur bis zu einer rechnungsmäfsig feststellbaren Länge wirtschaftlich sein kann und von dieser Grenze an andere Arbeitsmethoden zur Instandsetzung angewendet werden müssen. Die Untersuchungen erstreckten sich hinsichtlich des Verschweifsens der Risse auf das autogene und das elektrische Verfahren, hinsichtlich der stark beschädigten Schwellen auf das Einschweifsen und Aufschweifsen von Flecken. Die Flecke für diesen Arbeitsvorgang

haben eine Breite von 14 cm. Die Länge wurde für jede Schwelle in einer Zahlentafel besonders festgelegt. Während die autogen geschweifsten Risse im mechanisch-technischen Laboratorium der Österreichischen Bundesbahnen jeder Probe stand hielten, haben Schwellen mit elektrisch geschweifsten Rissen ein weniger befriedigendes Ergebnis gezeigt. Auch das Einschweifsen von Flecken hat sich im Betriebe nicht bewährt, dagegen bildet das elektrische Aufschweifsen von Flecken eine geeignete Instandsetzungsart, die in jeder Hinsicht entspricht.

Das Aufschweifsen kann entweder mit Flecken erfolgen, die aus nicht mehr instandsetzbaren Altschwellen gewonnen, oder aus neuen Flacheisen geschnitten werden. Wird die Untersuchung für eine einfache Weiche der Form Xa durchgeführt und angenommen, dafs sämtliche Schwellen mit aufgeschweifsten Flecken instandgesetzt werden müssen, so sind für die 39 Schwellen

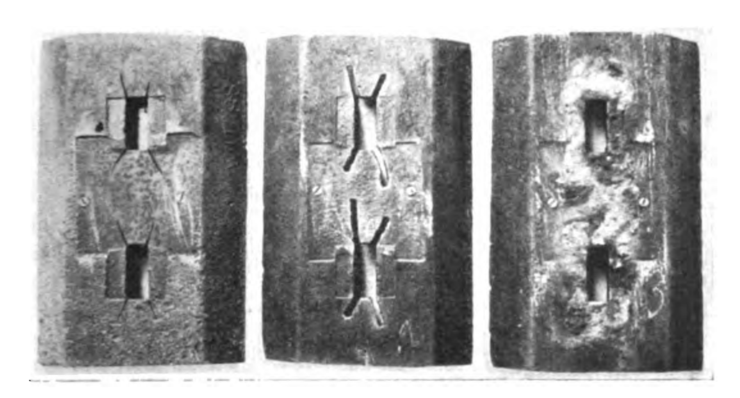


Abb. 9. Schwelleninstandsetzung durch autogene Schweifsung.
Links: alte Schwelle mit kurzen Rissen.
Mitte: Die Schweifsnut längs der Risse autogen ausgebrannt.
Rechts: Risse verschweifst.

dieser Weichenform 109 Stück Flecke mit einer Gesamtflecklänge von 46,02 m und einem Gesamtfleckumfang von 122,56 m erforderlich. Die Kosten dieses Arbeitsvorgangs rechnen sich wie folgt:

Das Ausstanzen der Flecke aus den alten Schwellen, das Lochen der Flecke und Auflegen auf die instandzusetzenden Schwellen mittels Dornen und Schraubenzwingen kostet für einen Fleck 38,2 g oder für 109 Stück	S 41,64
Das elektrische Aufschweifsen der Flecke kostet für 1 m Schweifsnaht 2,69 S, somit für 122,56 m	» 329,69
Die Kosten des Geraderichtens der Schwellen im warmen oder das Nachrichten im kalten Zustande betragen für ein Stück S 2,47 oder für 39 Schwellen	» 96,33
Der Kaufpreis der Flecke ergibt sich bei 46,02 m Länge, 140 mm Breite und 10 mm Stärke, somit 505,7 kg zu 5 g	» 25,29
Zusammen:	S 492,95

Es ergibt sich somit bei 122,56 m Fleckumfang ein Betrag von 492,95 : 122,56 = 4,01 S für 1 m Fleckumfang. Für den Wirtschaftlichkeitsvergleich wurde sicherheitshalber mit einem Betrage von 4,10 S/m gerechnet.

Sollte der Fall eintreten, dafs nicht genügend Altschwellen zur Gewinnung der Flecke anfallen und neues Flacheisen von 140 auf 10 mm genommen werden mufs, so stellen sich die Gesamtinstandsetzungskosten auf 598,40 S oder für 1 m Fleckumfang auf 5,00 S.

In einem Wirtschaftlichkeitsvergleich wurden nun die Instandsetzungskosten jeder einzelnen Schwelle für den Fall berechnet, dafs Flecken aus nicht mehr instandsetzbaren Schwellen verwendet werden können. Es ergab sich, dafs die Instandsetzung alter Schwellen bei diesem Arbeitsvorgang wirtschaftlich ist.

Es wurde auch untersucht, bis zu welcher Länge Risse autogen verschweifst werden können, ohne dafs die Kosten jene der elektrischen Fleckaufschweifsung übersteigen.

Die Kosten für 1 m autogener Schweifsnaht betragen:

Autogenes Ausbrennen der Risse für 1 m	S 2,31
Autogenes Verschweifsen der Risse für 1 m . . .	» 16,28
Nachstanzen der Löcher	» 0,66
Geraderichten der Schwellen im warmen und Nachrichten im kalten Zustande	» 2,50
Zusammen:	S 21,75

Daher verhalten sich die Kosten der autogenen Rifsverschweifsung zu den Kosten der elektrischen Aufschweifsung wie







Abb. 10. Schwelleninstandsetzung durch elektrisches Aufschweifsen von Flecken.
Links: Schwelle mit langen Rissen.
Mitte: Fleck auf einer Altschwelle ausgeschnitten und gelocht.
Rechts: Fleck durch elektrische Nahtschweifsung aufgebracht.

4,10/21,75 = rund 0,20, d. h. die Kosten für 1 m Fleckumfang entsprächen 0,20 m autogener Rifsverschweifsung.

In Wörth wird an der Hand einer Zahlenhilfstafel für jede Schwelle nach der Gesamtlänge der Risse entschieden, ob die Schwelle der autogenen oder der elektrischen Fleckaufschweifsung zugeführt wird.

In Wörth werden ferner alle ausgebauten Weichen, sofern ihre Wiederverwendung in Nebengleisen in Aussicht genommen ist, in allen ihren Teilen einer eingehenden Untersuchung und Instandsetzung unterzogen. Die Dienststellen erhalten somit im Bedarfsfalle nur einwandfreie und in ihren Bestandteilen vollständige Weichen. Durch die Zusammenziehung aller Weichen in einem Lager ist schliefslich die Möglichkeit gegeben, die noch brauchbaren Teile aus sonst für die Instandsetzung nicht mehr geeigneten Weichen zu gewinnen.

Schliefslich wäre noch die Frage zu untersuchen, inwieweit die Auswertung von Altschienen für die Instandsetzung oder Erzeugung von Oberbauwerkzeugen wirtschaftlich ist. Es kommt in erster Linie die Herstellung oder Instandsetzung von Krampen, Schraubenschlüsseln, Gaisfüfsen und dergl., also durchwegs Schmiedearbeit in Frage.

Aus 10 t Altschienen der Stuhlschienenform Ia der Österreichischen Bundesbahnen wurden auf Grund tatsächlicher Abwage gewonnen:

4850 kg aus dem Kopfe,
2700 » » » Fufse,
2430 » » » Steg.

Diese 10 t = 217 m wurden auf Stücke von 40 cm abgelängt und weiter verarbeitet.

Aus den Kopfteilen von 4850 kg wurden erzeugt:

1900 Stück	Krampenstöckel, 17 cm lang, zu 1,8 kg .	3420 kg
200 »	Ersatzteile für Gaisfüfse u. dergl. zu 4 kg	800 »
150 »	Stopfer für Maschinen zu 2 kg	300 »
aus den Fufsstücken von 2700 kg:		
1400 Stück	Krampenstöckel, 12 cm lang, zu 1,6 kg .	2240 kg
180 »	Ersatzteile für Schlüssel zu 1,6 kg . .	288 »
aus den Stegteilen von 2430 kg:		
1700 Stück	Krampenspitzen zu 1,2 kg	2040 kg
125 »	Bremsschuhspitzen zu 1,7 kg	213 »
	Zusammen:	9301 kg

480 kg waren Stahlabfälle und Späne, der Rest Zunder.

Die Gesamtverarbeitungskosten für diese Gegenstände betragen 2824 S. Werden die Schienen von den Dienststellen unmittelbar verkauft, so wird für 10 t Schienen ein Erlös von höchstens 1000 S erzielt. Müssen aber die erzeugten Werkzeugbestandteile angekauft werden, so sind 9300 kg $\times$ 80 g = 7440 S abzüglich des Erlöses beim Verkauf von 10 t Altschienen, somit 6440 S aufzuwenden. Es ergibt sich somit bei der Verarbeitung in Wörth eine Ersparnis von 6440 — 2824 = 3616 S für 10 t Altschienen.

Eine zentrale Bewirtschaftung der Eisenoberbaustoffe und die dadurch bedingte Verminderung an Lagerbeständen bei den Dienststellen konnte erst nach Schaffung des Lagers Wörth und der damit zusammenhängenden Werkstätte angebahnt werden. Derartige Zentralisierungen brauchen Zeit, sind sie doch an die Zahl der Arbeitskräfte sowohl beim Versender als auch beim Empfänger gebunden, namentlich dann, wenn die Forderung erfüllt werden mufs, dafs alle diese Versendungen mit der ständigen Arbeiterschaft durchgeführt werden müssen. Auch müssen die ankommenden Stoffe an ihre im Vorhinein bestimmten Lagerplätze ordnungsgemäfs gelagert werden, soll nicht das ganze Lager ein wirres Durcheinander bilden. Es kann daher die Schaffung und Vervollständigung eines Zentrallagers nur schrittweise erfolgen.

Die Erhaltung der Drehpunkte der Zungenvorrichtungen.

Von Zentralinspektor Ing. **Beyer**, Generaldirektion der Österreichischen Bundesbahnen.

Unter dem Einflusse des Betriebes tritt im Laufe der Zeit durch die Erweiterung der Bolzenlöcher und durch Abnützung der Bolzen ein Schlottern der Zungenverbindungsstangen ein, wodurch der genaue Zungenanschlufs bei fernbedienten Weichen verloren geht. Eine gleiche Abnützung erleiden die Drehbolzen und Wurzelzapfenlöcher der Drehstuhlweichen. Dieses Ausweiten der Löcher entsteht nicht durch das Umstellen der Zungenvorrichtungen, also nicht durch eine Drehbewegung um zumeist geölte Drehpunkte, sondern durch die Erschütterung, die jede Zugachse beim Befahren der Weichen hervorruft. Hierbei werden die nicht satt aneinander sitzenden Teile gegeneinander gehämmert; da die Bewegung der Einzelteile im wesentlichen immer nur in einer Richtung erfolgt, so werden die Löcher oval ausgeschlagen und die Bolzen oval abgenützt. Bei den Verbindungsstangen entsteht dann ein toter Gang, der bei fernbedienten Weichen 5 mm nicht überschreiten darf, während die Ausschlagungen an den Wurzeln der Zungenschienen die Befestigung daselbst und damit die ganze Stofskonstruktion (fester Stofs) wesentlich schwächen. Die Behebung dieser Mängel, eine der vielen Sorgen des pflichtbewufsten Bahnerhalters, erfolgt hinsichtlich der Gelenkteile der Verbindungsstangen in behelfsmäfsiger Form durch Eisenkeile, die zwischen die Bolzen und Gabelköpfe der Verbindungsstangen eingezogen werden. Diese Keile behindern aber die Beweglichkeit der ganzen Umstellvorrichtung. Beim Herausfallen der Keile besteht überdies die Gefahr, dafs die Weichenzunge klafft und Gabelfahrten möglich werden.

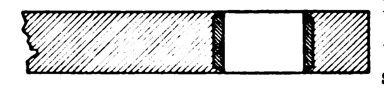


Abb. 1. Ausfüttern von ausgeschlagenen Bolzenlöchern mit Stahlbüchsen.

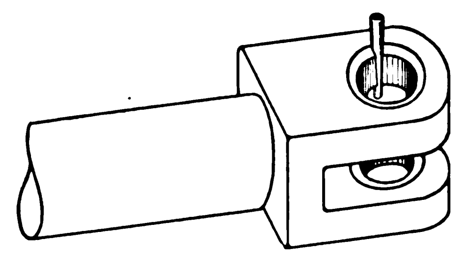


Abb. 2. Ausfüttern von ausgeschlagenen Bolzenlöchern in Verbindungsstangen mit exzentrischen Ringen.

Eine fachrichtigere Beseitigung dieser Mängel besteht in dem Ausreiben der ausgeweiteten Löcher und Verwendung gröfserer Bolzen. Die Wiederholung dieses Vorgangs hat aber seine Grenzen, abgesehen davon, dafs man verschiedenes Werkzeug und Bolzen verschiedener Stärke bereithalten mufs. Diese Art der Mängelbehebung hat aber auch den Nachteil, dafs die Freizügigkeit der Auswechslung einzelner Teile nicht mehr vorhanden ist. Verbindungsstangen mit normalen Löchern verlangen auch ein normales Loch in den Lappen an den Zungenschienen und umgekehrt. Die richtigste Lösung kann daher immer nur die jedesmalige Wiederherstellung der normalen Lochgröfse in den Lappen und Stangen sein.

Zur Erreichung dieses Zieles wurde vorerst versucht, die Löcher mit 3 mm starken Stahlbüchsen nach Abb. 1 auszufüttern. Dieses Verfahren läfst sich fachgemäfs nur in Werkstätten ausführen, weil die Büchsen, wenn sie satt sitzen sollen, unter Druck eingebracht werden müssen. Da sich aber auch Stahlbüchsen im Laufe der Zeit ausschlagen, so ist deren Auswechslungsmöglichkeit und zwar an Ort und Stelle im Gleis erwünscht.

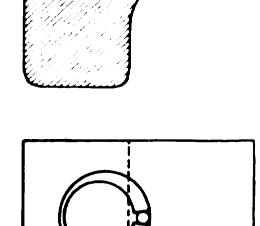


Abb. 3. Ausfüttern des Drehbolzenloches einer Zunge mit exzentrischen Ringen.

Diesen Bedingungen wird bei den Österreichischen Bundesbahnen nunmehr durch Verwendung exzentrischer Ringe nach Abb. 2 (Patent Ing. Walter) entsprochen. Diese Ringe federn und werden durch Eintreiben eines konischen Stiftes in den offenen Spalt des Ringes an die Wandungen des Loches geprefst. Der äufsere und innere Durchmesser solcher Ringe mufs auf $^1/_{100}$ mm genau abgedreht sein, auch müssen natürlich die in das Gestänge zu bohrenden Löcher mit grofser Genauigkeit hergestellt werden. Hierfür wurde eine eigene Bohrvorrichtung ersonnen, die geeignet ist, die Einbringung und Auswechslung der Ringe auch an Ort und Stelle ohne Ausheben der Zungenschiene durch zwei Mann ausführen zu können. Mufs ein Ring aus irgend einem Grunde entfernt werden, so wird der Stift mit einem Dorn herausgeschlagen, worauf sich der Ring leicht entfernen und durch einen andern ersetzen läfst. Die Einbringung eines Lappen- oder Stangenringes kostet 3 bis 3,5 S.

Was nun die Wurzelzapfenlöcher und die Drehbolzen der Zungenschienen anlangt, so erfolgte die Behebung bisher gewöhnlich an Ort und Stelle durch das Ausfüttern der aus-

geschlagenen Löcher mit Blechstreifen oder durch Aufsetzen von Blechkappen auf die Drehbolzen. Da die ausgeweiteten Löcher aber oval sind, so ist diese Instandsetzung immer nur sehr unvollkommen. Mufs der Mangel aber nach vorgeschrittener Abnützung endgültig beseitigt werden, so müssen die Zungenschienen und die Wurzelschwellen ausgetauscht werden, was dann wieder den Nachteil hat, dafs die neuen Zungenschienen in das übrige Gestänge nicht vollkommen hineinpassen.

Das Ausbüchsen der Wurzelzapfenlöcher mit Stahlringen war naheliegend und wird seit Einführung brauchbarer Werkzeuge auch durchgeführt. Diese Werkzeuge bestehen in einer Zapfenzugvorrichtung zur Herausnahme der im Wurzelstuhl festsitzenden abgenützten Drehzapfen und in einer besonderen Bohrvorrichtung zur Erweiterung des ovalen Loches in der Zunge in ein grofses rundes Loch mit verschobener Lochachse. Durch Ausfütterung dieses erweiterten Loches mit dem geschlitzten exzentrischen Ring wird das Regelloch an der richtigen Stelle wieder hergestellt.

Der Sitz des Ringes in der Zungenschiene ist aus Abb. 3 zu ersehen.

Durch dieses Verfahren wird es den Österreichischen Bundesbahnen ermöglicht, ihre rund 13 000 Drehstuhlweichen mit einem Aufwande von je 12 S für eine Zungenwurzel in stets einwandfreiem Zustande zu erhalten.

Die Oberbauerneuerung im Arlbergtunnel im Jahre 1925.

Von Baurat Ing. **A. Stiasny**, Gruppenvorstand der Bundesbahndirektion Innsbruck.

Die Oberbauerneuerung im Arlbergtunnel im Jahre 1925, sowie die Umstände, die dazu geführt haben, bieten verschiedene, für den Oberbaufachmann interessante Einzelheiten, die im nachstehenden festgehalten werden sollen.

Im Jahre 1925 wurde zum vierten Male seit der Betriebseröffnung im Jahre 1884 der Oberbau in beiden Gleisen des 10,250 km langen Arlbergtunnels erneuert. In diesen 41 Jahren erlagen dort folgende Oberbauformen:

1884/85 bis 1893/94 (9 Jahre): Heindl-Oberbau mit 7,5 m langen Breitfufsschienen, Form X, 35,4 kg Metergewicht, 125 mm hoch, auf 2,4 m langen, 26 cm breiten, eisernen Querschwellen; gröfste Schwellenentfernung 90 cm, schwebender Stofs mit Winkellaschen. Die Schiene ruhte auf Unterlagskeilen und war mittels Fufsschrauben, Klemmplättchen und Spurbeilagen in den schlitzartigen Ausnehmungen der eisernen Schwellen befestigt.

1893/94 bis 1903/04 (10 Jahre): 15 m lange Breitfufsschienen Form I, 43,0 kg Metergewicht, 136 mm hoch auf 2,4 m langen, 30 cm breiten, getränkten Eichenschwellen, gröfste Schwellenentfernung 81 cm, schwebender Stofs mit Winkellaschen. Die Schiene lag auf starken, keilförmigen Unterlagsplatten und war mit drei sehr kräftigen, vierkantigen Hakennägeln auf der Schwelle befestigt und zwar so, dafs von Schwelle zu Schwelle abwechselnd, einmal zwei Nägel innen, ein Nagel aufsen, dann ein Nagel innen, zwei Nägel aufsen angeordnet waren, was die Verwendung von zwei verschieden gelochten Unterlagsplatten bedingte.

1903/04 bis 1912/13 (9 Jahre): 12,5 m lange Stuhlschienen, Form Ia, 42,1 kg Metergewicht, auf getränkten, 2,5 m langen, 25 cm breiten Lärchenschwellen, gröfste Schwellenentfernung 81 cm, schwebender Stofs. Die Schienenbefestigung in den Stühlen erfolgte mit getränkten Holzkeilen. Zwischen Schienenstuhl und Schwelle befand sich eine Holzstoffunterlagsplatte, zwischen dem Schafte der Schwellenschraube und dem Loche im Stuhle ein hölzerner Futterring.

1912/13 bis 1925 (12 bis 13 Jahre): 12,5 m lange Stuhlschienen, Form Ib, 47,1 kg Metergewicht auf 2,5 m langen, 25 cm breiten, getränkten Lärchenschwellen, gröfste Schwellenentfernung 81 cm; wie Form Ia, mit dem Unterschiede, dafs der Schienenkopf um 10 mm höher ist (Abb. 1 und 2).

Im Jahre 1884 wurde der Oberbau im linken, im Jahre 1885 im rechten Tunnelgleis verlegt; der Betrieb wurde daher im ersten Jahre eingleisig abgewickelt. Demzufolge fanden die späteren Oberbauerneuerungen im linken und rechten Gleis in zwei aufeinanderfolgenden Jahren statt, ausgenommen 1925, in welchem Jahre beide Gleise ausgewechselt wurden.

Der in den Jahren 1884 und 1885 verlegte Oberbau auf eisernen Schwellen litt aufserordentlich durch Verrostung und chemische Zersetzung der Eisenteile, insbesondere des Kleineisens und der Schwellen infolge der Einwirkung der Nässe und der Rauchgase. Die sechseckigen Muttern der Fufsschrauben verloren bald ihre Kanten und konnten nicht mehr entsprechend nachgezogen werden; die Schraubengewinde wurden rasch vom Roste zerfressen; die Unterlagskeile wurden besonders an der Innenseite zerstört, wo sie, dünn und scharfkantig geworden, vielfach nicht weit über die Mitte des Schienenfufses reichten; hierdurch ergaben sich, als Folge der Vergröfserung

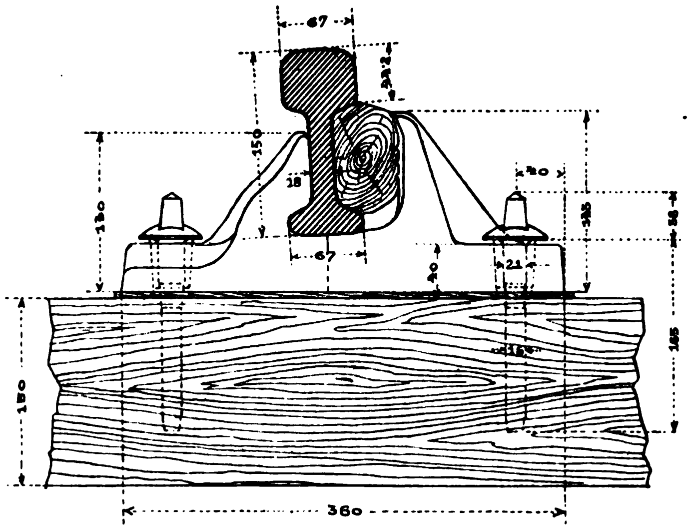


Abb. 1. Stuhlschienenoberbau Form Ib. Querschnitt.

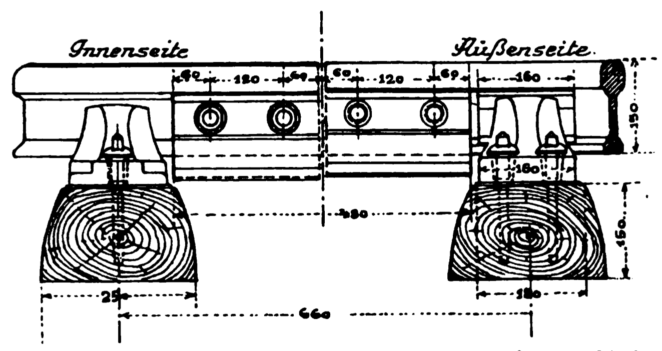


Abb. 2. Stuhlschienenoberbau Form Ib. Ansicht der Stofsverbindung.

der Schienenneigung nach innen, unzulässige Spurverengungen. Die eisernen Schwellen waren, insbesondere an den Schienenauflagestellen, bald zerstört und brachen in vielen Fällen dort sogar entzwei. Die völlige Lockerung der Schienenbefestigung gefährdete die Betriebssicherheit. Unter solchen Umständen war diesem Oberbau trotz des damals noch schwächeren Zugverkehrs und der geringen Fahrgeschwindigkeit (Schnellzüge 28 km/Std.) nur eine kurze Lebensdauer beschieden. Man erkannte, dafs ein Oberbau auf eisernen Schwellen für einen langen, sehr rauchigen Tunnel ungeeignet sei und dafs

nur ein Oberbau auf Holzquerschwellen mit möglichst einfacher, aber kräftiger Befestigung für diesen Zweck tauge. Diesen Bedingungen entsprach der darauf folgende Oberbau Form I ziemlich gut, doch war es hier ein schlechter Schienenstahl, der eine vorzeitige Auswechslung dieses kräftigen Oberbaues notwendig machte. Nachdem sich dieser Oberbau einige Jahre hindurch sehr gut befahren hatte, traten am Schienenkopfe dunkle Längsstreifen auf, die bald in Risse übergingen und sich oft bis auf die halbe Schienenlänge erstreckten. Hunderte von Schienen mufsten nur aus diesem Grunde ausgewechselt werden.

Inzwischen war der Stuhlschienenoberbau bei den damaligen k. k. Staatsbahnen probeweise eingeführt worden, der dann auch im Arlbergtunel den Breitfufsschienenoberbau ablöste. Bei diesem Anlasse, also in den Jahren 1903 und 1904, wurden auch die Schwellen und die Bettung, und zwar seither zum letzten Male, ausgewechselt; sie waren im Jahre 1925 zum überwiegenden Teile noch so gut erhalten, dafs auch bei der in diesem Jahre vorgenommenen Oberbauerneuerung eine durchgehende Schwellen- und Schotterbettauswechslung nicht erforderlich war. Gelegentlich der Auswechslung der Bettung in den Jahren 1903 und 1904 wurden die Gleise wegen des sehr knappen Tunnelquerschnittes um 3 bis 4 cm gesenkt. Erwähnt sei, dafs beim Aushub der alten Bettung giftige Gase frei wurden, die zu zahlreichen teilweise mit Bewufstseinsstörungen verbundenen Erkrankungen der Arbeiter führten.

Bei der vorletzten Erneuerung in den Jahren 1912 und 1913 wurden lediglich die Schienen samt Laschen und Laschenschrauben ausgewechselt, während die Schienenstühle und die getränkten Schwellen unverändert in der Bahn belassen wurden. Die Stuhlschienen, Form I a, wurden damals durch Stuhlschienen gleicher Länge, Form I b, ersetzt, die wie bereits erwähnt, sich von der Form I a nur dadurch unterscheidet, dafs der Kopf um 10 mm höher ist (Abb. 1 und 2). Hierdurch hoffte man die Lebensdauer dieser neuen Schienen wesentlich zu verlängern. Diese Erwartung hat sich jedoch, wie später ausgeführt wird, nicht voll erfüllt. Während beim Stuhlschienenoberbau Form I a hauptsächlich die Höhenabnützung des Schienenkopfes für seine Erneuerung bestimmend wirkte, waren es beim Stuhlschienenoberbau Form I b wesentlich andere Erscheinungen, die seine Auswechslung unaufschiebbar machten, Erscheinungen, die bei Form I a, vermutlich wegen der kürzeren Liegedauer (9 Jahre gegen 12 bis 13 Jahre) nicht in so fühlbarer Weise aufgetreten waren.

Obwohl der Oberbau Form I b in den Kriegsjahren und in der Nachkriegszeit mangels geschulter Arbeiter und wegen der in der Zeit der Geldentwertung angeordneten aufsergewöhnlichen Sparmafsnahmen nicht mit jener Sorgfalt erhalten werden konnte, wie vor dem Kriege, so haben sich dennoch bis zum Jahre 1922, also nach zehn- und neunjähriger Liegedauer keine bedenklichen Erscheinungen gezeigt, so dafs damals noch auf Grund der erwähnten gröfseren Schienenkopfhöhe und der bevorstehenden, den schädlichen Einflufs der Rauchgase beseitigenden Elektrisierung der Arlbergbahn mit einer längeren Lebensdauer dieses Oberbaues gerechnet worden war.

Im Jahre 1923 traten jedoch — wohl auch als Folge der zurückgestellten Erhaltungsarbeit — die Merkmale eines stark abgenützten Oberbaues wie schlechtes Befahren der Stöfse, ausgeschlagene Laschenkammern, mangelhaftes Festsitzen der Holzkeile in den Stühlen, Brechen der gufseisernen Schienenstühle deutlich auf.

Infolge des erhöhten Verkehrs in den Jahren 1923 und 1924, der fast das Dreifache des Verkehrs vor dem Kriege erreichte, und infolge der Bauarbeiten für die Elektrisierung, die eine geregelte Erhaltungstätigkeit am Tunneloberbau sehr erschwerten und die durch Herstellung von Kabelgräben unmittelbar neben dem Gleis diesen Oberbau überhaupt arg in Mitleidenschaft zogen, hatten sich die genannten Mängel im Jahre 1924 derart vermehrt und vergröfsert, dafs ihnen trotz erhöhter Arbeit mit den gewöhnlichen Mitteln der Oberbauerhaltung, wie Unterkrampen der Stöfse, Einziehen von Futterblechen in die ausgeschlagenen Laschenkammern, Auswechseln von Laschen, Holzkeilen und Stühlen auf die Dauer nicht mehr beizukommen war. Obwohl die Abnützung des Schienenkopfes die zulässige Grenze noch lange nicht erreicht hatte — es fehlten durchschnittlich noch 6 mm — mufste man zu der Einsicht kommen, dafs dieser Oberbau an der Grenze seiner Lebensfähigkeit angelangt und dafs die Aufwendung weiterer gesteigerter Erhaltungsarbeit im höchsten Grade unwirtschaftlich sei. Während im Jahre 1922 für die Erhaltung der beiden Tunnelgleise rund 52000 Arbeitsstunden aufgewendet und 354 Schienenstühle und 168 Laschen ausgewechselt worden waren, betrugen diese Zahlen im Jahre 1924 bereits 171000 Arbeitsstunden, 4414 Schienenstühle und 2510 Laschen. Trotz dieses ungeheuren Aufwandes an Lohn und Baustoffen konnte damit nichts anderes erzielt werden als ein notdürftiges Erhalten der Betriebssicherheit der Gleise. Als im August 1924 durch etwa drei Wochen infolge ungünstiger Witterungsverhältnisse und nachteiliger Zuglagen eine besonders starke Rauchplage auftrat, welche die Erhaltungsarbeit im Tunnel sehr erschwerte und stellenweise unmöglich machte, zeigten sich in dieser kurzen Zeitspanne solche Mängel an den Stöfsen, dafs während einer Woche auf eine Länge von 4 km in beiden Gleisen die Fahrgeschwindigkeit auf 20 km/Std. ermäfsigt werden mufste, bis die Erhaltungstätigkeit das Versäumte wieder nachgeholt hatte. Es wurden in dieser kritischen Zeit tatsächlich und zwar nicht nur vereinzelt, Stöfse vorgefunden, bei denen alle vier Stühle der Stofsschwellen gebrochen, die Holzkeile herausgefallen und die Laschenschrauben gelockert waren. Die Fahrflächen wiesen bei den Stofslücken Stufen bis zu 10 mm auf. Diese Tatsachen zeigten deutlich, wie sehr dieser Oberbau an den Stöfsen ausgeschlagen war und mit welch unheimlicher Schnelligkeit die Zerstörung durch das wuchtige Schlagen beim Darüberrollen der Fahrbetriebsmittel fortschritt. Die Beobachtung der Verformung einer solchen Schienenstofsverbindung unter der Einwirkung der bewegten Last zeigte besonders augenfällig den hohen Grad der bereits eingetretenen Zerstörung. Als dann auch noch Schienenbrüche, und zwar nicht blofs durch die Laschenschraubenlöcher, sondern auch durch den vollen Querschnitt auftraten, mufste alles daran gesetzt werden, diesen Oberbau so rasch als möglich aus der Bahn zu bringen.

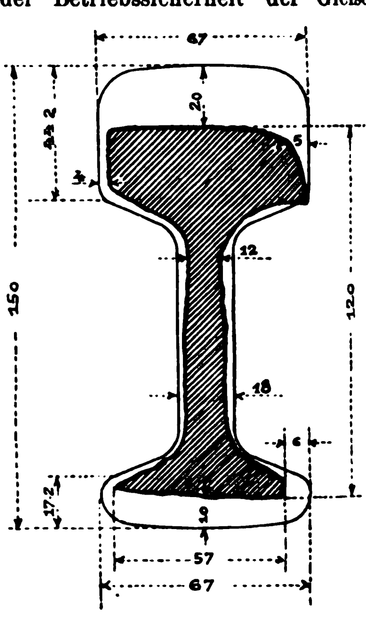


Abb. 3. Querschnitt einer stark abgenützten Schiene Form I b.

Besonders auffallend war die starke Abnützung des Fufses der Stuhlschiene an den Auflagestellen in den Stühlen. Diese Abnützung betrug der Höhe nach bis zu 10 mm. Da auch der Stuhl an dieser Stelle bis zu 5 mm abgenützt war, so entstand beim Einziehen neuer, zwischen Schiene und Stuhl satt anliegender Holzkeile an der Auflagestelle der Schiene ein leerer Zwischenraum von 15 mm Höhe. Durch die darüberrollende Last wurde die Schiene schlagartig niedergedrückt, was die Ursache der zahlreichen Stuhlbrüche an der Auflage-

stelle der Schiene war. Durch das Auf- und Niedergehen der Schiene infolge der geschilderten Umstände wurden auch neu eingezogene Keile, hauptsächlich die Doppelkeile, in kürzester Zeit wieder locker und fielen aus den Stühlen heraus. Die grofse Zahl solcher lockerer Keile und die hieraus entstehende Beeinträchtigung der Betriebssicherheit bildete damals eine Hauptsorge der Bahnerhaltung.

In Abb. 3 ist der abgenützte Schienenquerschnitt an den Auflagestellen im Stuhle dargestellt. Durch diese Abnützung entstand eine Verminderung der Querschnittsfläche um 43,5 %, des Trägheitsmomentes um 61,8 % und des Widerstandmomentes um 53,7 %.

Form I b	voller Querschnitt	verminderter Querschnitt	Verminderung in %
Querschnittsfläche	60,0 cm^2	33,9 cm^2	43,5
Trägheitsmoment	1455 cm^4	555 cm^4	61,8
Widerstandsmoment	175 cm^3	81 cm^3	53,7

Diese Querschnittsverminderung war um so bedenklicher, als ein unvermittelter Übergang am Fufse von dieser Querschnittsfläche auf die gröfsere Querschnittsfläche zwischen den Auflagestellen entstanden war. Die Schienenbrüche durch den vollen Querschnitt sind daher zumeist an dieser Übergangsstelle entstanden (Abb. 4).

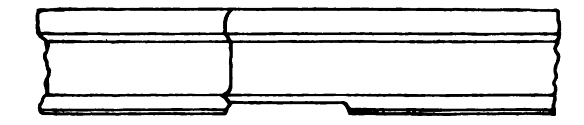


Abb. 4. Schienenbruch an einer Stelle mit plötzlicher Querschnittsänderung.

Besonders eingehend wurde die Frage der zu wählenden neuen Oberbau-**Form** erwogen. Bis vor wenigen Jahren hätte kein Zweifel darüber bestanden, dafs hierbei wiederum nur Stuhlschienenoberbau, Form I b in Betracht kommen kann, der ja auch regelplanmäfsig als »der Oberbau für lange Tunnel« galt. Wenn auch die Österreichischen Bundesbahnen von der Verwendung des Stuhlschienenoberbaues bei Schienenneulagen auf der freien Strecke abgekommen waren und in solchen Fällen seit mehreren Jahren nur mehr den Breitfufsschienenoberbau Form A mit Spannplattenbefestigung verwendeten, so wollte man dennoch bei langen Tunneln dem Stuhlschienenoberbau wegen seiner unleugbaren Vorzüge für diesen Zweck, die vornehmlich in der einfachen Befestigungsart und in der geringen Menge an Kleineisen bestehen, treu bleiben. Die Erfahrungen aber, die in den letzten Jahren mit dem Stuhlschienenoberbau im Arlbergtunnel gemacht worden waren, liefsen Zweifel darüber entstehen, ob tatsächlich diese Oberbauform, die, nebenbei bemerkt, auch höhere Anschaffungskosten verursacht, die zweckmäfsigste und wirtschaftlichste Lösung darstelle. Insbesondere waren es die grofse, gegenseitige Entfernung der Stofsschwellen von 66 cm und die kurze Lasche von nur 48 cm Länge (Abb. 2), die zweifellos ein vorzeitiges Ausschlagen der Stofsverbindungen, höhere Erhaltungskosten und gröfsere Erschütterungen der Fahrbetriebsmittel mit sich brachten und, wie aus dem oben Geschilderten hervorgeht, diesen Oberbau auswechslungsreif gemacht hatten, bevor noch die Grenze der zulässigen Höhenabnützung des Schienenkopfes erreicht worden war. Immerhin darf nicht unerwähnt bleiben, dafs dieser Oberbau durch 13 Jahre, also längere Zeit als seine Vorgänger und — wenn man von den letzten zwei Jahren absieht — auch zufriedenstellend Dienst gemacht hatte und zwar unter den schwierigen Verhältnissen während der Kriegs- und Nachkriegszeit und während der Bauarbeiten für die Elektrisierung, welche Umstände für den Oberbau sicher nicht vorteilhaft gewesen waren.

Mit Rücksicht auf die damals unmittelbar bevorstehende Aufnahme des elektrischen Betriebs im Arlbergtunnel und den dadurch bewirkten Wegfall des schädlichen Einflusses der Rauchgase auf die Oberbaueisenteile konnte wieder mit Recht an die Verwendung von Breitfufsschienen mit einfacher Befestigung gedacht werden.

So hatte sich die Generaldirektion der Österreichischen Bundesbahnen nach eingehender Überlegung entschlossen, Breitfufsschienen zu verlegen und zwar Form A (44,35 kg Metergewicht, 140 mm hoch mit 25,006 m Länge, jedoch abweichend von der Regelausführung mit verstärkten Keilplatten (240×160 mm)

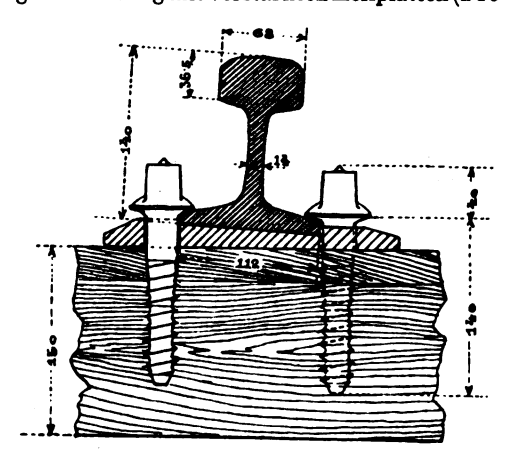


Abb. 5. Oberbauform A mit verstärkten Keilplatten. Querschnitt.

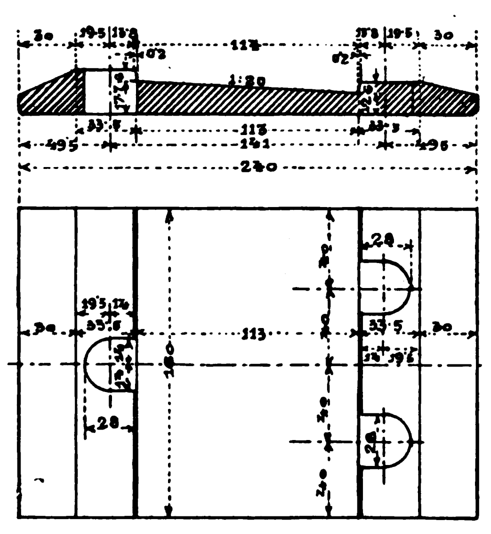


Abb. 6. Verstärkte Keilplatte Form A.

und kräftigeren Schwellenschrauben mit 26 mm oberer Schaftstärke und 4 mm Gangtiefe mit rechteckigem Aufsatz für das Eindrehen, drei Stück für eine Keilplatte, davon zwei auf der Innenseite und eine auf der Aufsenseite der Schiene (Abb. 5, 6 und 7).

Um das dem Verrosten ausgesetzte Kleineisenzeug möglichst einzuschränken, wurden Spannplatten nur an den Stofsschwellen und zur Verhinderung der Schienenwanderung auch an vier Mittelschwellen angebracht. Wenn auch bisher eine nennenswerte Wanderung im Arlbergtunnel nicht beobachtet worden war, so erschien doch wegen der vergröfserten Schienenlänge und da die westliche Hälfte des Tunnels in einem Gefälle von 15 ‰ liegt, eine bescheidene Mafsnahme gegen allfällige zukünftige Wanderungen am Platze. Eine besondere Vorkehrung gegen Spurüberweiterungen, wie sie die Regelausführung der

Form A durch eine Verdichtung der Schwellenlage und eine erhöhte Anzahl von Spannplatten in Bogen vorsieht, war nicht nötig, da der neue Oberbau auf seine ganze Länge in der Geraden liegt und die kräftigen Schwellenschrauben eine genügende Sicherheit gegen seitliche Verdrückungen erwarten ließen. Um nicht zwei verschiedene Formen von Schwellenschrauben anwenden zu müssen (die oben genannten, kräftigen und die schwächeren für die Spannplatten) wurde bei den Spannplatten auch statt der einen, regelplanmäßig auf der Innenseite vorgesehenen Schwellenschraube ein Nagel von achteckigem Querschnitte eingeschlagen, so daß die Spannplatten durchwegs nur mit Achtkantnägeln (zwei außen, einer innen) auf der Schwelle befestigt sind.

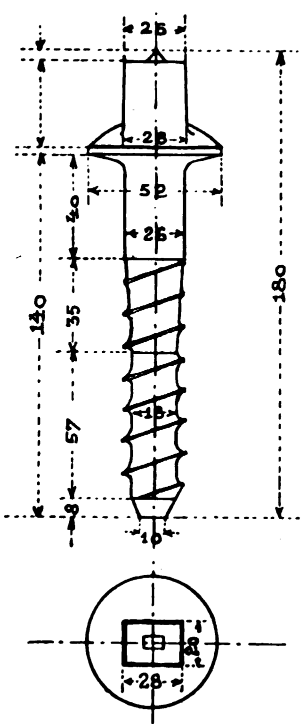


Abb. 7. Verstärkte Schwellenschraube Form A.

Zum Vorbohren der Schwellen für die Schwellenschrauben wurden eigene Sonderbohrer entsprechend der Form der stärkeren Schwellenschrauben geliefert (Abb. 8).

Die Löcher für die Achtkantnägel wurden mit den gewöhnlichen »Robel«-Bohrern vorgebohrt. In beiden Fällen wurden einspindelige »Robel«-Schwellenbohrmaschinen verwendet. Das Schotterbett und die Schwellenlage blieb ungeändert; es erfolgte nur eine Auswechslung der Stoßschwellen beim neuen Stoß, deren Lage sich auch wegen der geringeren Stoßschwellenentfernung des Oberbaues Form A (50 cm) gegenüber der Form Ib änderte. Durch die

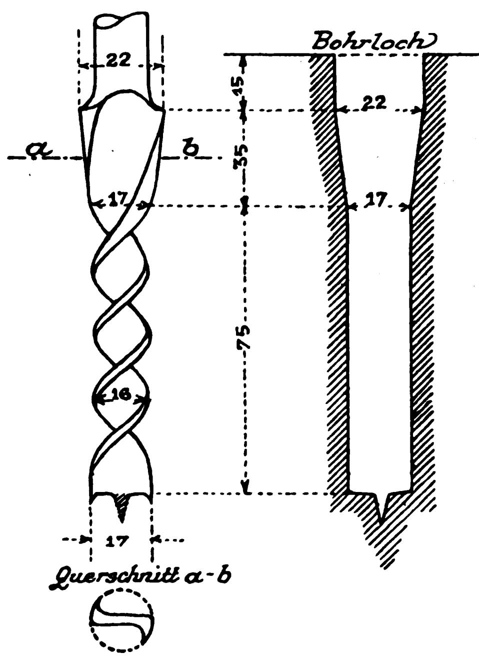


Abb. 8. Bohrer für verstärkte Schwellenschrauben Form A.

auf 25,006 m vergrößerte Schienenlänge wurde die Zahl der Stöße auf die Hälfte verringert.

Von einem anfangs beabsichtigten Verschweißen der Schienenstöße wurde Abstand genommen, doch wurden die Schienen an ihren Enden fast immer satt aneinander gestoßen, was bei den geringen Temperaturunterschieden im Arlbergtunnel — auf eine Länge von 6 km im Innern schwankt die Lufttemperatur etwa zwischen 9 und 15 °C — keinem Einwande begegnet.

Das Kleineisenzeug wurde an einigen Bahnstellen, wo erfahrungsgemäß eine besondere Rostbildung zu gewärtigen ist, versuchsweise mit einem Anstrich von »Subox« versehen.

Durch diese Wahl der Oberbauform hoffte man die Vorteile des Breitfußschienenoberbaues und die des Stuhlschienenoberbaues zu vereinigen und die Nachteile des letzteren zu vermeiden.

Die gewählte neue Schienenlänge von 25,006 m hat allerdings nicht durchwegs in der Weise entsprochen, daß die neuen Stoßlücken mit den alten genau zusammenfielen. Da die neue Schienenlage an einzelnen Stellen gegenüber der alten Lage voreilte, mußten dort, um die alte Schwellenlage unverändert beibehalten zu können, die neuen Schienen etwas gekürzt werden.

Das Abladen der neuen Schienen im Tunnel war mittels einer eigens bestellten, maschinellen Abladevorrichtung geplant. Da sich aber ihre Lieferung verspätete, wurden die Schienen von Hand abgeladen. Sie befanden sich auf Drehgestellwagen, zwischen denen wegen der großen Schienenlänge Zwischenwagen eingeschaltet waren. Ein ganzer, derart mit Schienen beladener Zug wurde vom Bahnhof St. Anton a. A. aus in den Tunnel gestellt. Jede Schiene wurde an schief angelegten, über das Nachbargleis reichenden Holzbalken bis auf halbe Manneshöhe gleitend herabgelassen und dann von den an der gegenüberliegenden Tunnelwand Mann an Mann aufgestellten Arbeitern gefaßt und nach Entfernung der Holzbalken zwischen die beiden Gleise gelegt. Nachdem in dieser Weise vier Schienen nebeneinander abgelagert waren, fuhr der Arbeitszug um eine Schienenlänge weiter. Dieser Vorgang hat sich trotz der beengten Raumverhältnisse einfach und sehr rasch abgespielt.

Die Gleisachsen wurden unter besonderer Rücksichtnahme auf den knappen Tunnelquerschnitt und auf die geringe gegenseitige Entfernung der beiden Gleise mit dem Instrument neu abgesteckt und auf den alten, in der Bahn verbleibenden Schwellen bezeichnet. Nach erfolgtem Abtragen der alten Schienen und Stühle wurden die alten Schraubenlöcher in den Schwellen mit getränkten Holznägeln verkeilt und die neuen Schrauben- und Nagellöcher, die mit den alten nicht zusammenfielen, mit Bohrlehren von der neuen Gleisachse aus aufgekörnt und dann vorgebohrt. Wo kein ebenes Auflager vorhanden war, wurden an diesen Stellen die Schwellen nachgedexelt.

Die Arbeiten wurden in den Monaten April, Mai und Juni 1925 durchgeführt. Das Verführen der neuen Oberbaustoffe in den Tunnel geschah im Eigenbetriebe; das Abtragen des alten und das Vorlegen des neuen Oberbaues, sowie das Aufladen und Verführen des Rückgewinnes nach dem Bahnhof St. Anton a. A. wurde einer Bauunternehmung zu festen Einheitspreisen übertragen. Die Auswechslungsarbeit wurde in jedem der beiden Tunnelgleise nacheinander in einer ununterbrochenen Gleissperre von je drei Wochen bewirkt, so daß der eingleisige Betrieb im Arlbergtunnel aus diesem Anlaß sechs Wochen dauerte. Nach Beendigung der Auswechslungsarbeit wurden die Mittelschwellen, um eine gleichmäßige Lagerung aller Schwellen zu erreichen, nachgekrampt. Für den neu verlegten Oberbau war eine höchste Fahrgeschwindigkeit von 70 km/Std. in Aussicht genommen worden. Aus Gründen, deren Erörterung hier zu weit führen würde, wurde jedoch vorläufig die bisherige Höchstgeschwindigkeit im Arlbergtunnel von 50 km/Std. noch beibehalten. Die Arbeiten wurden dadurch wesentlich erleichtert, daß damals bereits der elektrische Betrieb eröffnet worden war und daher ein Arbeiten in rauchfreier Luft erfolgen konnte. Die Beleuchtung der Arbeitsstellen geschah in einfacher Weise mit Azetylenlampen.

Infolge der großen Schienenlänge und der guten Stoßverbindung, sowie des satten Aneinanderstoßens der Schienenenden ergab sich ein nahezu stoßfreies Befahren des neuen Oberbaues.

Die gesamten Kosten dieser Oberbauerneuerung betrugen:
Materiale: rund 569000 S, das sind 29,90 S auf 1 m Gleis;
Lohn: rund 82000 S, » » 4,30 S » 1 m » .

Mit der Einführung der elektrischen Zugförderung wurde der gefährlichste Feind des Oberbaues im Arlbergtunnel, die Rauchgase, beseitigt, die mangels einer künstlichen Lüftungsanlage seit der Aufnahme des Betriebs im Jahre 1884 nicht bloß für die Oberbaueisenteile, sondern auch für die Erhaltungsarbeiten selbst von dem nachteiligsten Einfluß waren. Die Betriebserfahrungen mit diesem neuen Oberbau werden im Vergleiche mit den hier früher verwendeten Oberbauformen seinerzeit interessante Aufschlüsse darüber geben, inwieweit die Voraussetzungen für die Wahl der neuen Oberbauform richtig waren und inwieweit sich hieraus und infolge des elektrischen Betriebs die Lebensdauer des Oberbaues verlängert und seine Erhaltungskosten verringert haben werden.

Lokomotiv-Neubau und Lokomotiv-Umbau bei den Österreichischen Bundesbahnen in den Jahren 1926 und 1927.

Von Oberbaurat Ing. Lehner, Generaldirektion der Österreichischen Bundesbahnen.

Hierzu Tafel 42 und 43.

Durch den Zusammenbruch und die durch ihn bewirkte Umgestaltung der wirtschaftlichen Verhältnisse wurden die Österreichischen Bundesbahnen vor die Tatsache gestellt, daß kleine Nebenbahnen häufig innerhalb kurzer Zeit sich zu stark belasteten Strecken entwickelt hatten. Dies trat hauptsächlich dort ein, wo die Linien durch Industrie- besonders aber holzreiche Gegenden führen. Bis in die letzte Zeit wurden für den Nebenbahnverkehr fast ausschließlich Lokomotiven älterer Typen verwendet. Teils waren diese Maschinen vor vielen Jahren eigens für Lokalbahnbetrieb gebaut worden, teils waren es ältere leichte Hauptbahnlokomotiven. Da die meisten dieser Lokomotivtypen den erhöhten Anforderungen nicht mehr entsprachen und auf einzelnen Linien schwerere Züge mit drei Lokomotiven geführt werden mußten, war die Bundesbahnverwaltung gezwungen, an den Bau einer neuen Lokalbahn-Lokomotivtype zu schreiten, deren Kuppelachsdrücke je nach der Strecke, auf der sie verwendet wird, von 11 bis 13 t ohne zeitraubenden Umbau geändert werden können und die außerdem befähigt sein soll, Züge von 110 t auf Steigungen von 40‰ mit Geschwindigkeiten von 15 bis 20 km/Std. zu befördern. Ein zwangloses Durchlaufen von Bogen mit 100 m Halbmesser war gleichfalls Bedingung für die Konstruktion. Ähnliche Zustände in bezug auf Lokomotivverwendung wie beim Lokalbahnbetriebe herrschten bis in die jüngste Zeit auch im Verschiebedienste. Eigene leistungsfähige Verschiebelokomotiven hatten die Bundesbahnen nicht in ihrem Stande. Auf den Abrollanlagen, welche in erster Linie für den schweren Verschiebedienst in Frage kommen, wurden meist ältere, mitunter auch neuere Güterzuglokomotiven mit Schlepptendern verwendet. Die alten Lokomotiven waren bald für den Verschiebedienst auf den Abrollrücken zu schwach und mußten, um einlangende Züge von 1500 t Gewicht geschlossen über die Anlage schieben zu können, zu zweien arbeiten. Dies verursachte, infolge der Verwendung der doppelten Lokomotivanzahl und außerdem der Verwendung alter unwirtschaftlicher Naßdampflokomotiven, sehr hohe Zugförderungskosten. Die Bundesbahnen schritten daher an die Konstruktion neuer schwerer Verschiebelokomotiven mit großem Beschleunigungsvermögen, die als Tenderlokomotiven ausgebildet, nach beiden Fahrtrichtungen gleich gut verwendet werden können. Außer den Lokalbahn- und Verschiebelokomotiven gelangten noch 2 C 1 Zwillings-Heißdampf-Personenzuglokomotiven der B. B.-Reihe 629 zur Nachbestellung, die sich von den gleichen Lokomotiven älterer Lieferungen nur unwesentlich unterscheiden. Sie sind für den schweren Personenzugsdienst im Hügelgelände der Hauptstrecken bestimmt und müssen auch im Bedarfsfalle in den Schnellzugdienst auf kürzeren Strecken einspringen können. Da die drei Lokomotivbauarten gleichzeitig zur Bestellung gelangten, war es naheliegend, besonders bei der Lokalbahn- und bei der Verschiebelokomotive möglichst viele Teile gleich zu halten und so den Austauschbau und die rasche Ersatz- und Ausbesserungsmöglichkeit zu fördern. Im Nachstehenden sei eine Beschreibung der drei Lokomotivtypen gegeben und auch gezeigt, in welcher Weise auf den Austauschbau Rücksicht genommen wurde.

1 D 1 Zwillings-Heißdampf-Lokalbahn-Tenderlokomotive Reihe 378.

Textabb. 1 und Abb. 1, Taf. 42.

Dem Entwurf dieser Lokomotive war folgendes Leistungsprogramm zugrunde gelegt.

Die Maschine muß in der Ebene Züge von 400 t mit einer Geschwindigkeit von 60 km/Std. und auf 40‰ Steigung Züge von 100 t mit 15 km/Std. befördern. Der Achsdruck der gekuppelten Achsen muß bis auf 11 t herabgemindert

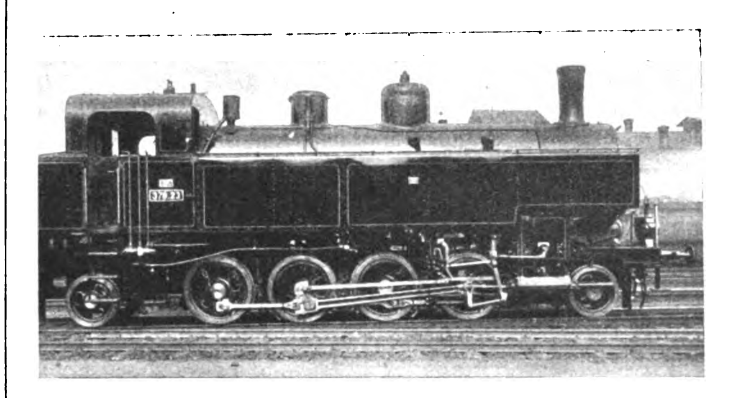


Abb. 1. 1 D 1 Heißdampf-Tenderlokomotive, Reihe 378.

werden können, was auch der höchst zulässige Achsdruck der Laufachsen ist und darf bei Verkleinerung des Wasservorrates 10,5 t für alle Achsen nicht überschreiten. Andererseits ist aber für einzelne Lokalbahnlinien ein Achsdruck von 13 t zulässig, der natürlich ausgenützt werden soll. Als engster zu befahrender Bogen ist ein Bogen von 100 m Halbmesser gegeben. Die Vorräte an Kohle und Wasser sind so groß als möglich anzunehmen.

Aus der Forderung der weitgehenden und möglichst einfachen Veränderlichkeit des Achsdruckes ergab sich zwangläufig der Entwurf einer Lokomotive mit vorderer und hinterer Laufachse, durch deren Ent- oder Belastung durch Veränderung der Federspannung das Reibungsgewicht erhöht oder verringert werden kann. Die in jeder Fahrtrichtung führende Laufachse gibt auch die Gewähr eines ruhigen Laufes der Lokomotive sowohl in der geraden Strecke als auch in Kurven, was bei dem beabsichtigten Verwendungszweck auf leicht gebauten Lokalbahnen von ausschlaggebender Bedeutung ist. Aus dem Leistungsprogramm ergab sich das Kupplungsverhältnis und

die Gröfse und Leistungsfähigkeit des Kessels. In nachstehendem mögen nun die einzelnen Teile dieser Lokomotive beschrieben sein.

Kessel. Um die Anzahl der bei den Bundesbahnen in Verwendung stehenden Stehkesseltypen möglichst klein zu halten, wurde für die neuen Lokomotiven eine der geforderten Kesselleistung entsprechende, auch für andere Kesseltypen zu verwendende Stehkesselbauart geschaffen. Der Stehkessel kann ohne Änderung für die D-Verschiebelokomotive R. 478, die 1 C 1 Personenzuglokomotive R. 29 und mit einer geänderten Rohrausteilung auch für die 1 C 1 Personenzuglokomotive R. 229 verwendet werden. Da von allen diesen Lokomotivtypen eine gröfsere Anzahl im Betriebe steht, bedeutet die Schaffung einer für vier Lokomotivreihen verwendbaren einheitlichen Kesseltype eine wesentliche Erleichterung der Hauptwerkstätten und der Baustoffvorratstellen.

Der Stehkesselmantel wurde aus einer einzigen Platte hergestellt, die oben seitlich Doppelungsstreifen aufgenietet erhielt, um für die beiden äufsersten Deckenankerreihen noch genügend Gewinde zu erhalten. Die kupfernen Stehbolzen sind ihrer ganzen Länge nach gelocht. Um Stehbolzenbrüche bei der allseits geschlossenen Kesselverkleidung mit Sicherheit erkennen zu können, wurden die Stehbolzenbohrungen luftseitig durch Schamottemörtel verschlossen, so dafs das durch den Stehbolzenbruch in die Bohrung gelangende Wasser in die Feuerbüchse blasen mufs. Zur Erleichterung später notwendig werdender Ausbesserungen der Feuerbüchse wurde die Stehbolzenteilung der Seitenwände ohne Absätze in den lotrechten und wagrechten Reihen ausgeführt. Wegen leichteren Zusammenpassens der inneren Feuerbüchse mit dem äufseren Stehkessel ging man von der Ausbildung des Webbschen Heiztürringes, der bisher bei den Österreichischen Bundesbahnen hauptsächlich gebräuchlich war, ab und wendete einen schmiedeisernen kreisförmigen Heiztürring an. Der Zylinderkessel besteht aus zwei Schüssen, auf deren vorderem der Dampfdom sitzt. Der Domdeckel trägt die beiden Pop-Sicherheitsventile Bauart Coale. Im Dampfdom ist der Ventilregler Bauart Zara angeordnet. Um bei diesem Regler ein genaues Einstellen des Dampfzuflusses zum Überhitzer zu ermöglichen, wurde sein grofses Ventil mit zylindrischem, durch Dreieckschlitze unterbrochenem Ansatz versehen, der eine Reglung der Dampfeinströmung bei verhältnismäfsig grofsem Reglerventilhub gestattet. Die Verbindung des Kessels mit dem Rahmen erfolgt aufser durch die Rauchkammer und deren Sattel noch durch drei Pendelbleche, von denen zwei den Stehkessel tragen, während das dritte zur Stützung des Langkessels dient. Der Kessel kann sich also zwanglos nach hinten ausdehnen und wird dabei durch die reichlich breit gewählten Pendelbleche am seitlichen Schlingern verhindert.

Überhitzer und Rauchkammer. Als Überhitzer kam der Schmidtsche Grofsrauchröhrenüberhitzer zur Anwendung. Das Verhältnis seiner feuerberührten Heizfläche zur feuerberührten Verdampfungsheizfläche beträgt 1 : 2,85. Die Dampfgeschwindigkeit in den Überhitzrohren bei normaler Kesselanstrengung 24 m/Sek., erreicht bei gesteigertem Betrieb 30 m/Sek. Mit diesem Überhitzer können leicht 375° Dampftemperatur gehalten werden, ohne den Rost übermäfsig zu belasten. Als Überhitzerelemente wurden solche mit geschmiedeten Umkehrenden verwendet. Die rückwärtigen liegen 377 mm vor der Feuerbüchsrohrwand, die vorderen 400 mm innerhalb der Rauchröhre, so dafs eine Abkühlung des Heifsdampfes durch die in den vorderen Rauchrohrteilen stark ausgenützten Rauchgase vermieden wird. Der gufseiserne Überhitzerkasten ist von der bei den Österreichischen Bundesbahnen allgemein üblichen Bauart mit Anschlufs der Überhitzerelemente an der Unterseite und einem Kugelventil zur Belüftung des Überhitzers bei abgestelltem Regler. Ein Pyrometerstutzen zur fallweisen Überprüfung der Wirksamkeit des Überhitzers ist gleichfalls vorgesehen. Die Flanschen zum Anschlufs der Einströmrohre sind an die Vorderseite des Sammelkastens verlegt. Die Rauchkammer wurde nicht vollkommen zylindrisch, sondern mit einem unten an sie anschliefsenden Sack zur Aufnahme der Lösche ausgebildet. Man wählte diese Bauart, um bei den für Lokalbahn- und Verschiebelokomotiven zur Verwendung kommenden, oft sehr minderwertigen leichten Brennstoffen ein Verlegen der untersten Heizrohre durch Lösche und Flugasche möglichst zu verhindern. Dieser Löschefallraum ist von der vorderen Maschinenbrust durch eine eigene Klappe in seiner ganzen Breite zugänglich, so dafs die Rauchkammer leicht mittels Krücke bei geschlossener grofser runder Rauchkammertür gereinigt werden kann. Diese Rauchkammerbauart hat sich bisher im Betriebe sehr gut bewährt, zumal beim Reinigen der Rauchkammer die geschlossene grofse Türe das Eindringen kalter Luft verhindert und die Rauchkammerrohrwand dadurch geschont wird. Ein gleichfalls nicht zu unterschätzender Vorteil ist der ebene Rauchkammerboden, welcher ohne Zwischenschaltung von Flanschen ein gutes Abdichten der Rauchkammer an der Stelle des Durchganges des Ausströmrohres gewährleistet. Als Funkenfänger kam der Langersche Funkenteller in Verwendung. Er steht mit seinen drei angegossenen Füfsen auf dem Blasrohrstandrohr und kann in seiner senkrechten Entfernung vom Blasrohrkopf durch Einbau bzw. Herausnahme von Beilagen verändert werden. Als Schornstein kam ein für eine ganze Anzahl Bundesbahn-Lokomotivreihen verwendetes Modell ohne Änderung in Gebrauch.

Rost und Aschenkasten. Der Rost besteht aus zwei Feldern, deren vorderes in seinem rückwärtigen Teil durch das Kipprostfeld unterbrochen wird. Alle Roststäbe sind nach der bei den Bundesbahnen bestehenden Norm aus Schmiedeeisen, die Stäbe der festen Rostfelder an ihren Enden in der bei den Bundesbahnen allgemein üblichen Art abgebogen. Eine Veränderung der Weite des Abbuges ergibt eine Veränderung der Rostspaltenweite. Die Stäbe des Kipprostfeldes sind zu Paketen zusammengenietet und jedes einzelne Paket wieder mit dem Rostabträger des Kipprostes verschraubt. Der Kipprost selbst wird mit Spindel und Schraube vom Heizerstand aus betätigt. Besonderes Augenmerk wurde einer möglichst einfachen Ausbildung des Aschenkastens zugewendet. Er ist einteilig und besitzt vorne und hinten Luftklappen, die samt der Vorder- bzw. Rückwand abgenommen werden können. Zur raschen Entleerung des Aschenkastens ist eine Bodenklappe vorgesehen. Alle Klappen sind vom Führer- bzw. Heizerstand aus zu bedienen.

Rahmen. Die beiden 25 mm starken Hauptrahmenplatten sind gegeneinander durch lot- und wagrechte Querverbindungen aus Blech und Winkeleisen so abgesteift, dafs der ganze Rahmen auf den gröfsten Teil seiner Länge einen geschlossenen Kasten bildet und so grofse Quersteifigkeit gewährleistet. Besondere Aufmerksamkeit wurde der Verbindung der beiden Hauptrahmenplatten im Bereiche der Zylinder zugewendet und es wurden an dieser Stelle aufser einer oberen und einer unteren wagrechten Verbindung noch eine eigene mittlere wagrechte Querverbindung eingebaut. Zur Erreichung der nötigen Seitenspiele der Laufachsen ist der Rahmen vor den Zylindern und vor der hinteren Laufachse abgesetzt.

Zug- und Stofsvorrichtung. Um bei den in scharfen Krümmungen verhältnismäfsig grofsen Seitenausschlägen der Brüste jede Biegungsbeanspruchung der Zughakenstange auszuschalten wurden beide Zugvorrichtungen in wagrechter Ebene kippbar ausgebildet. Die Zughakenfeder sitzt mit ihrer Unterlagsplatte auf einer, den Auflageplatten bei Tragfedern ähnlichen, mit einer Schneide versehenen Platte, so dafs beim Ausschwenken der Lokomotivbrust in Gleiskrümmungen die ganze Zugvorrichtung fast reibungslos um die erwähnte Schneide

kippen kann. Die Stofsvorrichtung entspricht der bei den Bundesbahnen normalen Bauart mit zweifüfsigem geprefstem Puffergehäuse und Schneckenfeder für 15 t Maximalbelastung.

Dampfzylinder und innere Steuerung. Bei der Ausbildung der Dampfzylinder wurde darauf gesehen, dafs der Rohabgufs sowohl für den linken als auch für den rechten Zylinder verwendbar sei. Das gleiche gilt auch für die beiderseitigen vorderen und hinteren Zylinderdeckel. Die guten Erfahrungen, welche die Bundesbahnverwaltung mit der von ihr ausgebildeten Bauart der Lentz-Ventilsteuerung in jahrelangem Betriebe gemacht haben, war die Veranlassung, auch die neuen Lokomotiven mit dieser Steuerung auszurüsten. Um die Herstellung des Ventilsitze und des Nockenraumes zu vereinfachen und damit die Möglichkeit einer genaueren Ausführung zu schaffen, wurde auf die Anwendung des vom Zylinder getrennten und mit letzterem nur durch Flanschen verbundenen Ventilkastens gegriffen. Der Grofsteil aller in Österreich laufenden Ventillokomotiven ist mit derartigen Ventilkästen ausgeführt, so dafs auch über deren Verhalten im Betriebe genügende, und zwar gute Erfahrungen vorliegen. Die Trennung von Zylinder und Ventilkasten bietet auch den Vorteil, für verschiedene Lokomotivtypen, falls es die erforderlichen Dampfgeschwindigkeiten zulassen, gleiche Ventilkästen zu verwenden. Da aufserdem letztere für rechte und linke Zylinder vollkommen gleich ausgebildet sind, wird durch diese Mafsnahme die Modell- und Vorrathaltung wesentlich vereinfacht. Bei den in Frage kommenden Lokalbahnlokomotiven gelang es, einen Ventilkasten samt innerer Steuerung (ausgenommen Nocken) zu verwenden, der ohne jede Änderung für drei weitere in ihrer Dienstbestimmung sehr verschiedene Lokomotivtypen mit gutem Erfolge gebraucht wird. Es sind dies die neue D-Verschiebelokomotive R. 478, ferner die 2 C 1 Personenzug-Tenderlokomotive R. 629 und die 1 C 1 Personenzuglokomotive R. 429. Die Doppelsitzventile von 160 mm Durchmesser für Einlafs und Auslafs sind aus Schmiedeisen, ihre Spindeln aus Chromnickelstahl erzeugt. Aus dem gleichen Baustoff bestehen auch die Zwischenhebel und Rollen. Die näheren Einzelheiten der konstruktiven Durchbildung von Zylindern, Ventilkasten und innerer Steuerung sind aus Abb. 4, Taf. 43 zu entnehmen. Die Dampfdruckschaulinien für verschiedene Füllungsgrade und Geschwindigkeiten zeigt Textabb. 2. Der Druckausgleich ist selbsttätig und wird durch einen kleinen Dampfkolben gesteuert. Der Ausgleichkanal ist mit dem Zylinder zusammengegossen.

Äufsere Steuerung. Als äufsere Steuerung wurde die Heusingersteuerung gewählt. Sie ist so ausgebildet, dafs sie für Vor- und Rückwärtsfahrt gleiche Ein- und Ausströmverhältnisse ergibt. Bei der Durchbildung der Einzelteile wurde besonderes Augenmerk der einfachen und zweckmäfsigen Formgebung zugewendet, um dadurch die Erhaltungskosten möglichst herabzudrücken. Da die Lokomotiven, wie es jeder Lokalbahnbetrieb mit sich bringt, auch häufig Verschiebedienst leisten müssen, wobei die Steuerung oft umgelegt werden mufs, wurde mit Rücksicht auf die geringen Bewegungswiderstände der Ventilsteuerung ein Umsteuerhebel statt der meist üblichen Umsteuerwinde ausgeführt.

Triebwerk. Kolben, Kolbenstange, Kreuzkopf. Die Kolben sind in der, bei den Bundesbahnen üblichen Form aus geprefstem Stahl hergestellt und dichten mit drei schmalen Dichtungsringen gegen die Zylinderwand ab. Vorne wird jeder Kolben unter Vermittlung der durchgehenden Kolbenstange von einem nachstellbaren, aus Phosphorbronze hergestellten Traglager getragen. Letzteres ist an den Zylinderdeckel angebaut und wird vollständig von Dampf umspült. An das Lager setzt sich die geschlossene, mit dem Zylinderraum in Verbindung stehende Stangenhülse an. Durch diese Anordnung wird je eine vordere Heifsdampfstoffbüchse erspart. Auf der Kurbelseite besorgt die Abdichtung der Kolbenstange gegen den Zylinderdeckel eine Gufseisenpackung Patent Hauber. Die Stahlgufskreuzköpfe entsprechen einem für verschiedene Lokomotivtypen anwendbaren Modelle. Sie sind sowohl oben, als auch unten mit Schuhen aus Phosphorbronze ausgerüstet. Die Kreuzkopfschmierung erfolgt in der üblichen Weise, einerseits durch ein am Kreuzkopfmitnehmer angebrachtes reichlich bemessenes Schmiergefäfs, andererseits durch ein Schmiergefäfs, das an der oberen Gleitbahn angebracht ist.

Treib- und Kuppelstangen. Um die Instandhaltungsarbeiten und die Vorrathaltung möglichst zu vereinfachen, bildete man die einzelnen Stangen so aus, dafs sie für beide Lokomotivseiten verwendet werden können. Alle Stangenlager sind durch Keile nachstellbar. Grofse Sorgfalt wurde der Schmierung dieser Lager zugewendet. Die Schmierdeckel besitzen eingeschliffene Schmierventile, die in geöffnetem Zustand schräg gestellt werden können, wodurch sie sich feststellen. Es brauchen daher beim Füllen der Schmiergefäfse die Deckel nicht von Hand offen gehalten zu werden. Der Ölzuflufs zu den Lagern wird durch auswechselbare Stifte geregelt. Alle Stangenlager erhielten nach der Bundesbahnnorm je zwei Schmierfilze und zwar an ihrer höchsten und ihrer tiefsten Stelle. Die Schmieröffnungen der Lager münden in den oberen Schmierfilzen, so dafs diese die Verteilung des Öles auf den Zapfen zu besorgen haben. Schmiernuten im Lagerschalenausgufs sind daher überflüssig.

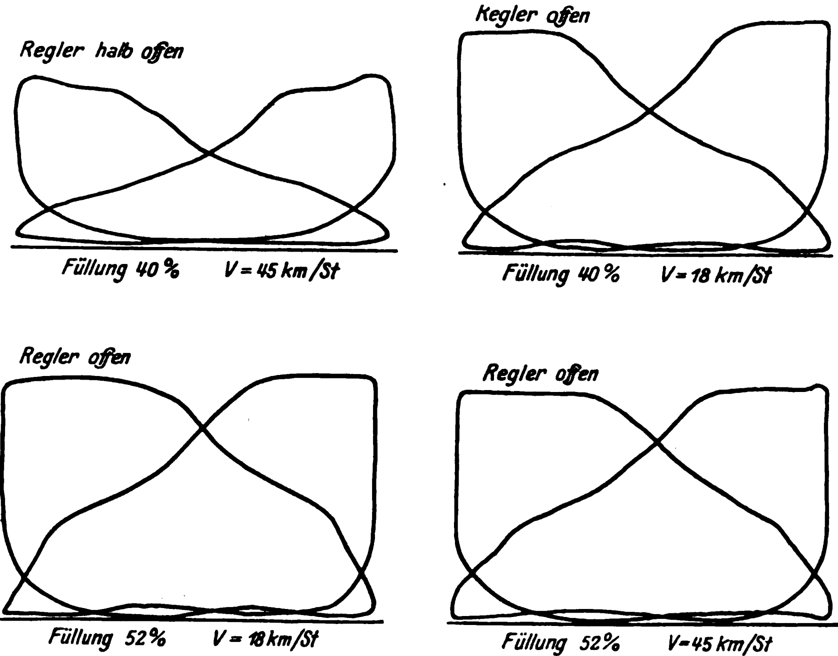


Abb. 2. Dampfdruckschaulinien bei Lokomotiven Reihe 378.

Radsätze und Achslager. Um Gleiskrümmungen bis zu 100 m Bogenhalbmesser noch anstandslos befahren zu können, erhielten die beiden radial einstellbaren Laufachsen ein Seitenspiel von jederseits 55 mm und die zweite Kuppelachse ein solches von je 10 mm. Von der Anordnung einer Rückstellung der Laufachsen wurde abgesehen.

Beim Entwurfe der Lokomotiven wurde verlangt, wenn irgend tunlich, bestehende Radsätze zu verwenden. Man griff daher auf den Treib- und Kuppelradsatz der D-Lokalbahnlokomotive Reihe 178 und auf den Laufradsatz der 1 C Lokalbahnlokomotive Reihe 99. Beide Radsätze sind auch für ver-

schiedene andere Lokomotivreihen zu verwenden. Da es sich um Räder von verhältnismäſsig kleinen Durchmessern handelte, entschloſs man sich zur Ausführung der Radscheiben aus Guſseisen. Man hat dabei auch die Möglichkeit zur leichten Zugänglichkeit der Achslager groſse Ausschnitte in den Radkörpern unterzubringen. Die Achslager wurden so ausgebildet, daſs sie ohne Änderung auch für die oben genannte D-Lokalbahnlokomotive verwendet werden können. Alle Achslagergehäuse sind aus Stahlguſs hergestellt und mit Gleitschuhen aus Bronze ausgerüstet. Die Lagerschalen bestehen gleichfalls aus Bronze. Lagergehäuse und Lagerschalen sind für die möglicherweise später erfolgende Ausstattung der Lokomotiven mit Achslagerpreſsschmierung vorbereitet. Die Ölräume der Lagergehäuse können sowohl durch die Radkörperausschnitte, als auch durch eigene am Rahmen angebrachte Füllgefäſse mit Öl versehen werden. Die Unterlager, welche nur als Ölbehälter und zur Aufnahme der federnden Schmierpolster dienen, werden durch Preſsschrauben gegen die Lagerschalen gedrückt, so daſs an der Stoſsfuge zwischen Ober- und Unterlager keine Ölverluste auftreten können.

Federgehänge. Die Tragfedern der beiden Lauf- und der beiden vorderen Kuppelachsen sind oben liegend angeordnet. Wegen Unterbringung des Aschenkastens muſsten die Tragfedern der Treib- und der letzten Kuppelachse unter den Lagern aufgehängt werden. Die beiden Laufachsen sind für sich allein abgefedert. Die erste Kuppelachse ist mit der zweiten und die Treibachse mit der letzten Kuppelachse durch Ausgleichhebel verbunden. Der Lokomotivrahmen ruht demnach in vier Stützebenen auf den Radsätzen auf. Da diese Stützebenen fast vollkommen symmetrisch zum Schwerpunkt der gefederten Massen der Lokomotive liegen, kann durch einfaches Nachlassen, oder Anspannen der Laufachsfedern das Reibungsgewicht beliebig verändert werden, eine Forderung, die mit Rücksicht auf die groſse Verschiedenheit der Bauausführung der österreichischen Lokalbahnlinien und die Freizügigkeit der Lokomotiven erhoben wurde.

Wasser- und Kohlenkasten. Eine der Hauptforderungen bei der Schaffung der neuen Lokomotivtype war das Verlangen nach groſsen Wasser- und Kohlenvorräten. Durch möglichste Ausnutzung des zulässigen Achsdruckes von $6 \times 11 = 66$ Tonnen konnte ein Wasservorrat von 10 m^3 und ein Kohlenvorrat von 3 t untergebracht werden. Die beiden seitlichen Wasserkasten aus 4 mm starkem Bleche sind vollständig geschweiſst, so daſs Nietnähte in ihnen nicht vorkommen. Um möglichst wenig Stoſsfugen zu erhalten, wurden die Kasten so zusammengesetzt, daſs einerseits Boden und dem Kessel zugekehrte Seitenwand, anderseits Decke und äuſsere Seitenwand aus je einer Blechtafel hergestellt wurden. Zahlreiche innen eingeschweiſste Querbleche sorgen für eine genügende Versteifung der Wände gegeneinander. Der linke Wasserkasten wurde zweiteilig mit einem rückwärtigen einschiebbaren kleineren Wasserkasten ausgebildet. An Stelle des letzteren soll, wenn nötig, zu einem späteren Zeitpunkte, ein Dabeg-Vorwärmer eingebaut werden. Der hinter dem Führerhause liegende Kohlenkasten ist von ersterem durch eine mittlere Türe und zwei seitliche Schieber zugänglich. Zur Unterbringung von möglichst viel Kohle wurde der Kohlenkastenboden nach abwärts gezogen. Um wenn nötig aus dem untersten Teile des Kohlenkastens den Brennstoff heraufbefördern zu können, sind die Schaufelbleche der beiden seitlichen Öffnungen leicht abnehmbar ausgeführt, so daſs sie beim Aufziehen der Kohle mittels Krücke kein Hindernis bilden.

Führerhaus. Der obere Teil des Führerhauses ist leicht abnehmbar eingerichtet. Alle im Führerhaus mündenden Züge, sowie die verschiedenen, an der Führerhausseitenwand angebrachten Apparate sind so angeordnet, daſs ein Abheben des Führerhausoberteiles ohne deren Abnahme stattfinden kann. Reichlich bemessene Fenster lassen eine gute Lüftung des Führerhauses zu.

Bremse. Die Lokomotiven sind mit selbsttätiger Vakuumschnellbremse ausgerüstet. Wie bei den Österreichischen Bundesbahnen allgemein üblich, ist die Lokomotivbremse von jener des Wagenzuges vollkommen getrennt; sie tritt erst dann in Tätigkeit wenn der Wagenzug vollkommen eingebremst ist. Die Lokomotivbremse wirkt mittelst zweier 21 zölliger Bremszylinder auf die drei rückwärtigen gekuppelten Achsen. Durch einen kurzen Hebel ist die Bremswelle mit der Handbremse verbunden. Der groſse Luftsauger für die Wagenbremse sitzt an der Führerhausseitenwand.

Armaturen und Nebenapparate. Die gesamte Kesselarmatur entspricht der neuen Norm der Österreichischen Bundesbahnen. Zur Entleerung des Kessels ist ein Abschlammschieber der Bauart Friedmann an der Stiefelknechtplatte vorgesehen. Seine Betätigung erfolgt von auſsen mittels verriegelbaren Zuges. Die Kesselspeisung wird von zwei nichtsaugenden Strahlpumpen der Bauart Friedmann besorgt. Die Dampfheizeinrichtung wurde so einfach als möglich ausgebildet. Da damit zu rechnen ist, daſs die Lokomotiven meist von stark überlastetem Personale, sowohl während der Fahrt, als auch während der Ruhepausen im Heizhause betreut werden, wurde auf alle verwickelten Armaturbauarten verzichtet und auch an Stelle des Dampfheizdruckminderventils ein einfaches Sicherheitsventil gesetzt, welches durch das Geräusch beim Abblasen das Fahrpersonal auf den mit einem normalen Handventil zu hoch eingestellten Druck in der Heizleitung aufmerksam macht. An Nebenapparaten sind noch ein schreibender Geschwindigkeitsmesser Bauart Hausshälter, sowie Radreifenschmiervorrichtungen an den Laufachsen und der Handsandstreuer, dessen Rohrführung aus Textabb. 1 ersichtlich ist, zu erwähnen.

Ventilspindel- und Zylinderschmierung. Die Schmierung aller vom Dampf geheizten Teile wird durch eine am Heizerstande untergebrachte Friedmann-Schmierpresse besorgt. An sie ist die Schmierung der Ventilspindeln, der Kolben und der Kolbenstangenstopfbüchsen, sowie die Schmierung der an den vorderen Zylinderdeckeln angebrachten Traglager für die vorderen Kolbenstangen angeschlossen. Alle Schmierleitungen sind leicht zugänglich am Steh- und Langkessel verlegt. Die Leitungen zur Zylinderschmierung führen über Ölzerstäuber der Bauart Friedmann zu den Zylinderlaufflächen.

D-Zwillings-Heiſsdampf-Verschiebelokomotive Reihe 478.

Textabb. 3 und Abb. 2, Taf. 42.

Als Leistungsprogramm für diese Lokomotive war verlangt, daſs sie Güterzüge von 1500 t Gewicht auf den Abrollanlagen verschieben kann. Auſserdem soll sie fallweise für schwere Güterzuglokomotiven in den Streckendienst eintreten können. Der höchste zulässige Achsdruck wurde mit 16 t begrenzt. Die Bauart sollte möglichst einfach sein und möglichst viele gut bewährte Einzelteile anderer Lokomotivreihen besitzen um die Erhaltungsarbeiten und die Vorratshaltung zu vereinfachen. Auf Grund aller dieser Forderungen wurde eine D-Heiſsdampf-Zwillings-Lokomotive entworfen, welche wie schon weiter oben erwähnt, in vielen Teilen vollkommen gleich mit der vorstehend beschriebenen Lokomotivreihe ist. So sind folgende Teile der beiden Lokomotivbauarten gleich und untereinander austauschbar:

Kessel samt Sicherheitsventilen und Regler, Überhitzer.
Rauchkammer bis auf unwesentliche Einzelheiten samt Schornstein und Funkenteller.
Rost und Aschenkasten.
Ventilkasten samt innerer Steuerung.
Die gesamte äuſsere Steuerung.

Vom Triebwerk sind austauschbar:
Die Kreuzköpfe samt Gleitbahnen, Kolbenstangen mit vorderen Traglagern.
Treib- und Kuppelstangen.
Radsätze und Achslager.
Armaturen und Sandstreuer und schliefslich noch die Ventilspindel und Zylinderschmierung.

Es möge daher hier nur von jenen Teilen geschrieben werden die sich bei beiden Lokomotivbauarten wesentlich unterscheiden.

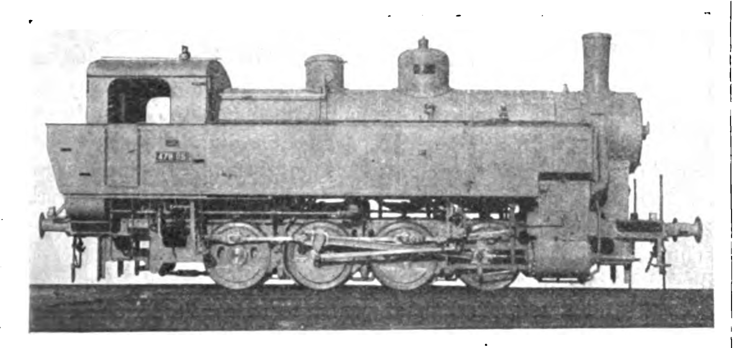


Abb. 3. Zwillings-Heifsdampf-Tender-Verschiebelokomotive, Reihe 478.

Rahmen. Dem Verwendungszweck der Lokomotiven entsprechend wurde der Rahmen besonders stark ausgeführt. Die beiden Hauptplatten sind 30 mm stark und durch lot- und wagrechte Bleche gegeneinander abgesteift. Stark und entsprechend durch Winkelrahmen gestützt, wurden auch die Brüste der Lokomotiven ausgeführt.

Zug- und Stofsvorrichtung. Die Zugvorrichtung wurde ähnlich der der 1 D 1 Lokalbahnlokomotive durchgebildet und in den meisten Teilen mit jener gleichgehalten. Da die Lokomotiven sehr viel Schiebedienst leisten müssen, erhielten sie Ringfederpuffer mit Ürdinger Federn ohne Vorfedern. Es ist dies der erste gröfsere Versuch der Österreichischen Bundesbahnen mit derartigen Puffern.

Dampfzylinder. Die Dampfzylinder wurden ähnlich jenen der Lokalbahnlokomotiven durchgebildet. Besonderes Augenmerk wurde einer guten Übertragungsmöglichkeit der Kolbenkräfte auf den Rahmen gewidmet. Bei diesen Lokomotiven wird wegen des häufigen und raschen Anhaltens der Druckausgleich von Hand betätigt. Die rechten und linken Zylinder sind nach demselben Modell gegossen, sind also vertauschbar. Das gleiche gilt auch von den Zylinderdeckeln.

Radsätze. Die Treib- und Kuppelradsätze sind vollständig mit jenen der Lokalbahnlokomotiven gleich. Um eine möglichst grofse geführte Länge zu erzielen, erhielt nur die zweite Kuppelachse eine beiderseitige Verschiebbarkeit von je 10 mm.

Federgehänge. Das gefederte Gewicht dieser Lokomotive überträgt sich in zwei Stützebenen auf die Achsen. Durch Ausgleichhebel sind die Federn des ersten und zweiten, sowie jene des dritten und vierten Räderpaares miteinander verbunden.

Wasser- und Kohlenkasten. Beide Kasten sind ähnlich jenen der Lokalbahnlokomotiven ausgebildet. Der spätere Einbau eines Dabeg-Vorwärmers kommt bei der Verschiebelokomotive nicht in Frage, weshalb auch der linke Wasserkasten der ganzen Länge nach durchläuft und ein einschiebbarer Wasserkasten fehlt.

Bremse. Da die Lokomotiven ausschliefslich Verschiebezwecken und ausnahmsweise dem Streckendienste als Güterzuglokomotiven dienen sollen, erhielten sie keine eigene Zugbremse, sondern können nur für sich allein durch eine kräftig wirkende Dampfbremse und eine mit dieser gekuppelte Handbremse zum Stillstand gebracht werden. Die Dampfbremse wird durch einen einfachen Dreiweghahn, welcher an der Führerhausseitenwand sitzt, bedient.

Nebenapparate. Zur Kontrolle der Verschiebeleistung sind die Lokomotiven statt mit Geschwindigkeitsmessern, mit Chronhodographen ausgestattet. Dadurch wird es möglich, auf einfache Art den zurückgelegten Verschiebeweg und die dazu gebrauchte Zeit festzustellen.

2 C 1 Zwillings-Heifsdampf-Personenzuglokomotive Reihe 629.

Textabb. 4 und Abb. 4, Taf. 42.

Es handelt sich bei dieser Maschine um die Nachbestellung einer von der Österreichischen Südbahn-Gesellschaft erstmalig im Jahre 1913 gebauten Lokomotivtype, welche sich im Laufe der Jahre sehr gut bewährte und von den österreichischen Staatsbahnen im Jahre 1917 mit nur geringfügigen Änderungen übernommen wurde. Die neuen nunmehr zur Ablieferung gelangenden Lokomotiven dieser Reihe, unterscheiden sich von ihren älteren Schwestern im wesentlichen nicht. In den folgenden Zeilen sei eine kurze Schilderung dieser sehr verwendbaren Lokomotivtype gegeben.

Kessel. Der Kessel mit unten etwas eingezogenem Stehkessel ist in allen seinen Einzelteilen nach den Normen der Österreichischen Bundesbahnen ausgeführt und unterscheidet sich von dem Kessel der Lokalbahn- und Verschiebelokomotive aufser durch die Webbsche Heizöffnung nur in den Abmessungen, nicht aber in der Bauart.

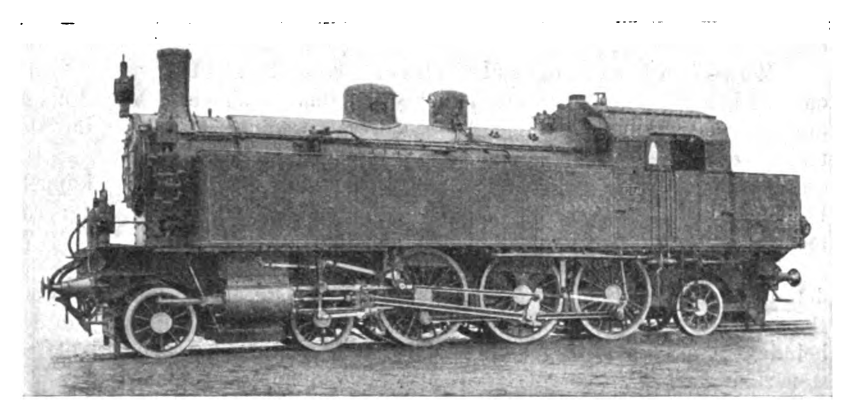


Abb. 4. 2 C 1 Zwillings-Heifsdampf-Personenzug-Tenderlokomotive, Reihe 629.

Überhitzer und Rauchkammer. Der gufseiserne Überhitzerkasten ist ähnlich jenem der vorbeschriebenen beiden Lokomotivbauarten und nur entsprechend dem gröfseren Rost und Kessel gröfser ausgebildet. Seine 21 Überhitzerelemente sind mit den Elementen der Verschiebe- und der Nebenbahnlokomotive vollkommen gleich und austauschbar. Die Dampfgeschwindigkeit beträgt in den Elementen bei normaler Kesselleistung 40 m/Sek. und steigt bei Höchstleistung auf 50 m/Sek. Dauernd wird eine Dampftemperatur von 350 bis 375° erzielt, was den an die Lokomotive gestellten Anforderungen völlig genügt.

Die zylindrische Rauchkammer wird vorne durch eine zweiflügelige Türe abgeschlossen. Der Schornstein ist der gleiche, wie jener der Lokalbahnlokomotive. Als Funkenfänger kommt ein Langerscher Funkenteller zur Anwendung. Der Blaskopf ist in seiner Höhenlage zum Schornstein durch Zugabe oder Abnahme von Beilagscheiben verstellbar.

Rost und Aschenkasten. Nach der bei den Bundesbahnen allgemein eingeführten Rostnorm, sind die Roststäbe aus

Schmiedeisen mit umgebogenen Enden ausgeführt. Wie bei den oben beschriebenen Lokomotiven ist auch bei dieser Maschine im rückwärtigen Teile des vorderen Rostfeldes ein durch Spindel und Schraube zu betätigender Kipprost untergebracht. Da der Stehkessel bereits etwas zwischen die Räder zu liegen kommt, mufste der Aschenkasten um genügend Raum zu bieten, mehrteilig ausgeführt werden. Für reichliche Luftzufuhr ist durch grofse, vordere und hintere Luftklappen gesorgt. Zur raschen Entleerung des Aschenkastens ist an seiner tiefsten Stelle eine Bodenklappe, welche vom Heizerstand aus bedient wird, angeordnet.

Rahmen. Die beiden 26 mm starken Hauptrahmenplatten laufen über die ganze Länge der Lokomotive durch. Oberhalb der Ausschnitte für die Achslagerführungen sind die Platten durch aufgenietete Doppelungsbleche verstärkt. Für reichliche lot- und wagrechte Querversteifung ist Vorsorge getroffen. Die untere Rahmenquerverbindung zwischen den Zylindern trägt das Stahlgufslager für den Drehgestellzapfen. Das Drehgestell selbst besitzt gleichfalls einen Blechrahmen in den die Rückstellvorrichtung eingebaut ist. Die Seitenverschiebbarkeit des Drehgestelles beträgt jederseits 35 mm. Als Rückstellvorrichtung wurden Blattfedern gewählt, deren Vorspannung 2,5 t beträgt. Nach der bei den Bundesbahnen herrschenden Gepflogenheit erhielt die letzte als Adamsachse ausgebildete Laufachse keine Rückstellvorrichtung. Da bei den österreichischen Lokomotiven der Achsstand zwischen einer einzelnen radial einstellbaren Laufachse und der nächsten festen Kuppelachse in der Regel klein gehalten wird, kann auf eine zwangsweise Rückstellung einer solchen Achse verzichtet werden, ohne befürchten zu müssen, dafs die Achse zum Schlingern im Gleise neigen würde. Fast ausnahmslos geben diese Achsen dem Fahrzeug in Kurven eine gute Führung.

Zug- und Stofsvorrichtung. Diese Einrichtungen entsprechen der Norm der Österreichischen Bundesbahnen. Da die Lokomotiven nur auf Hauptstrecken zur Verwendung kommen und Bögen unter 180 m Halbmesser nicht befahren, wurde auf die seitliche Ausschwenkbarkeit der Zughaken verzichtet. Die Puffer besitzen zweiflüssige geprefste Gehäuse mit Schneckenfedern für 15 t Höchstbelastung.

Dampfzylinder und innere Steuerung. Wie bei den meisten in den letzten fünf Jahren für die Österreichischen Bundesbahnen gebauten und umgebauten Lokomotiven kam auch bei den neuen Lokomotiven der Reihe 629 die Lentz-Ventilsteuerung nach Bauart der Österreichischen Bundesbahnen zur Anwendung. Die Dampfzylinder und die Ventilkasten sind getrennt ausgeführt. Letztere sind samt innerer Steuerung, also samt den Ventilen, der Nockenwelle, ausgenommen der Nocken selbst, sowie samt den Zwischenhebeln und deren Nachstellvorrichtung vollkommen gleich mit den entsprechenden Teilen der Lokalbahnlokomotiven Reihe 378. Um Modelle und in Vorrat zu haltende Rohabgüsse zu sparen, wurden die Zylinder und ihre Deckel für die linke und rechte Maschinenseite gleich und vertauschbar ausgebildet. An den Zylindern sind die Druckausgleichkanäle angegossen. Die Druckausgleichhähne werden von dem genormten Dampfsteller betätigt. Wie bei den Nebenbahn- und Verschiebelokomotiven ist auch bei diesen Maschinen an dem vorderen Zylinderdeckel ein vom Dampfe umspültes Traglager für die vordere Kolbenstange angebracht. Als Stopfbüchsenpackung für die rückwärtige Kolbenstange wurde auch hier Gufseisenpackung Patent Hauber angewendet.

Äufsere Steuerung. Als äufsere Steuerung wurde die Heusingersteuerung gewählt. Alle ihre Teile sind leicht gehalten. Die Umsteuerung besorgt eine Umsteuerwinde.

Triebwerk. Kolbenstange und Kreuzkopf. Die aus Stahl geprefsten Kolben sind mit drei schmalen Dichtungsringen versehen. Die Kolbenstange ist durchgehend und wird vorne durch das bereits erwähnte Traglager, hinten durch den zweischienigen Kreuzkopf aus Stahlgufs getragen. Letzterer ist mit Gleitschuhen aus Phosphorbronze ausgestattet und kann ohne Änderung für verschiedene andere Lokomotivreihen verwendet werden.

Treib- und Kuppelstangen. Die meisten Einzelteile der Stangen sind ähnlich jenen der Reihen 378 und 478 ausgebildet. Wie bei diesen beiden Reihen erhielten auch hier alle Stangenlager Filzeinlagen. Da die Stangenlager für die Kurbelzapfen der ersten und der zweiten Kuppelachse Augenlager ohne Nachstellbarkeit sind, erhielt das Stangenlager für den Treibzapfen doppelte Keilnachstellung, so dafs die Stangenlänge beim Nachsetzen der Achslagerführungskeile stets in Einklang mit dem Achsstande gebracht werden kann.

Radsätze und Achslager. Alle Radsterne sind aus Stahlgufs als Speichenräder erzeugt. Die Achslagergehäuse und die Unterlager bestehen aus dem gleichen Baustoff. An die aus Bronze hergestellten Oberlager schliefsen die Schmierleitungen der Achslagerschmierpresse mittels einfacher Verschraubungen an. Das Schmieröl wird also dem Lagerlauf direkt unter Druck zugeführt. Aufser dieser Prefsschmierung ist noch eine Notschmierung aus den Ölbehältern der Achslagergehäuse vorgesehen, die aber nur bei Bruch einer Prefsleitung benützt wird. Als Schmierpresse wird eine solche der Bauart Friedmann verwendet. Die Österreichischen Bundesbahnen haben derartige Schmierungen bereits auf einer gröfseren Anzahl von Lokomotiven verschiedensten Verwendungszweckes seit Jahren mit bestem Erfolge im Betrieb, so dafs es naheliegend war, Prefsschmierung für die Achslager auch bei den neuen, mit grofsen Drehzahlen arbeitenden Lokomotiven in Anwendung zu bringen. Die Unterlager sind mit federnden Schmierpolstern ausgestattet und werden um Ölverluste möglichst zu vermeiden, mittels Druckschrauben gegen die Oberlager geprefst.

Federgehänge. Der Lokomotivrahmen liegt in zwei Stützebenen und einem Punkte auf den Achsen auf. Um Platz für den Stehkessel, den Aschenkasten und den Luftbehälter der Druckluftbremse zu schaffen, wurden die Federn der gekuppelten Achsen unter die Lager gelegt. Das Federgehänge der rückwärtigen Laufachse trägt mittelst Querausgleichhebels.

Wasser- und Kohlenkasten. Zur Unterbringung des Wasservorrates von 11 m³ waren drei untereinander verbundene Wasserkasten nötig. Die beiden seitlichen vor dem Führerhause liegenden Kasten sind vollständig geschweifst. Der rückwärtige unter dem Kohlenraum befindliche Wasserbehälter ist genietet. Das gleiche gilt auch für den Kohlenkasten, der vom Führerhaus aus durch drei Kohlenschieber und eine grofse zweiflügelige Klappe in der Führerhausrückwand zugänglich ist.

Führerhaus. Der abhebbare Oberteil des Führerhauses wurde so geräumig als möglich gehalten. Für gute Lüftung ist durch einen Lüftungsaufsatz am Dache, sowie durch Lüftungsklappen in der Vorderwand gesorgt.

Bremse. Die neuen Lokomotiven haben Schnell- und Fernpersonenzüge zu befördern, die auf Reichsbahngebiet und auch auf das Gebiet der ungarischen Staatsbahnen übergehen. Diese Züge bestehen meist aus Kurswagen, welche mit Vakuum und mit Luftdruckbremse ausgerüstet sind, aber auf dem gröfsten Teil ihrer Reise nur mit Druckluft gebremst werden. Um nun den Übergang in den Grenzbahnhöfen zu vereinfachen, entschlofs sich die Bundesbahnverwaltung dazu, derartige Züge auch über österreichisches Gebiet mit Druckluftbremse zu führen. Es erhielten daher alle Lokomotiven aufser der Vakuumbremseinrichtung vollständige Druckluftbremseinrichtungen Bauart Knorr zur Bremsung der Wagenzüge. Die Lokomotiven selbst werden durch Vakuumbremse und eine Handbremse, welche auf die drei gekuppelten Achsen wirken, gebremst.

Armatur und Nebenapparate. Die gesamte Kesselarmatur entspricht der Norm der Österreichischen Bundesbahnen. Jeder Kessel ist mit einem Abschlammschieber der Bauart Friedmann ausgerüstet. Die Kesselspeisung besorgen zwei nicht-

saugende Friedmann-Strahlpumpen und ein Dabeg-Vorwärmer. Letzterer ist vor dem Heizerstande aufgestellt und erhält seinen Antrieb von einer kleinen Gegenkurbel der letzten Kuppelachse. Die Speiseventile am Kessel für die Strahlpumpen und den Vorwärmer sind getrennt angeordnet. Wie bei den Lokalbahnlokomotiven wurde auch hier die Dampfheizung ohne Druckminderventil und nur mit Sicherheitsventil ausgeführt. Alle Lokomotiven erhielten schreibende Hausshälter-Geschwindigkeitsmesser. Am Heizerstande befindet sich die Achslagerschmierpresse, welche gemeinsam mit der Zylinderschmierpresse von der letzten Kuppelachse aus angetrieben wird.

Ventil- und Zylinderschmierung. Diese Schmierung ist vollkommen gleich der der Lokalbahnlokomotive ausgeführt.

Austauschbau und Lokomotivumbau.

Austauschbau. Um einen wirtschaftlichen Austauschbau bei Ausbesserungen an den beschriebenen Lokomotiven durchführen zu können, war es nötig, alle Teile genau nach Kaliber und Lehren auszuführen. Den Herstellungen waren die Toleranzvorschriften und Normen der Österreichischen Bundesbahnen zugrunde gelegt. Trotzdem es sich bei dieser Lokomotivbestellung um die ersten nach den Regeln des Austauschbaues gebauten Lokomotiven handelt, wurden doch die österreichischen Fabriken den Forderungen des Austauschbaues in jeder Weise gerecht, was ihrer Organisation und ihrer Leistungsfähigkeit ein glänzendes Zeugnis ausstellt.

Lokomotivumbau. Bei der Lokomotivaufteilung unter die Nachfolgestaaten fielen den Österreichischen Bundesbahnen eine grofse Zahl schwerer E-Gebirgs-Nafsdampf-Verbundlokomotiven zu. Es sind dies die ersten von Sektionschef Dr. Ing. Gölsdorf gebauten, in der Literatur wiederholt behandelten, fünffach gekuppelten Lokomotiven, welche die Reihenbezeichnung 180 erhielten. Die ersten dieser Lokomotiven wurden in den Jahren 1900 und 1901 geliefert und leisteten seit dieser Zeit vorzügliche Dienste. Später, als man allgemein zum Heifsdampf überging, kamen solche Lokomotiven nicht mehr zur Nachbestellung, sondern es wurden zunächst Heifsdampf-Verbund- und später Heifsdampf-Zwillingsmaschinen der gleichen Achsfolge beschafft, welche die Reihenbezeichnung 80 erhielten. Da die letzteren Lokomotiven bald in der Mehrzahl waren, war es naheliegend, die Nafsdampflokomotiven, welche sich in den Radsätzen und im Gestänge von den Heifsdampflokomotiven nicht unterscheiden, auf Heifsdampf-Zwillingslokomotiven umzubauen. In Betracht kamen in erster Linie jene Maschinen, bei welchen die Stehkessel und die Zylinder ersatzbedürftig waren. Man baute nun die gleichen Stehkessel und die gleichen Überhitzer wie bei den Heifsdampflokomotiven ein und ersetzte die Dampfzylinder durch Zwillingszylinder mit Ventilsteuerung und aufgesetzten Ventilkasten. Sowohl Zylinder als auch Ventilkasten samt innerer Steuerung sind für die rechte und linke Maschinenseite gleich ausgebildet und vertauschbar. Sie sind ohne Änderung für alle Zwillingslokomotiven zu verwenden. Mit der so umgebauten Lokomotive, die Abb. 3, Taf. 42 zeigt, und einer gut ausgebesserten Maschine alter Bauart nach Abb. 2, Taf. 43 wurden zahlreiche Vergleichsfahrten in der Strecke Gloggnitz—Semmering—Mürzzuschlag unternommen, der Kohlenverbrauch für die Zughaken-Pferdekraftstunde festgestellt und auf die jeweilige Leistung bezogen. Es wurde eine mittlere Kohlenersparnis der Heifsdampf-Zwillingslokomotiven mit Ventilsteuerung gegenüber den Nafsdampfverbundlokomotiven mit Flachschiebersteuerung von 27 % erzielt. Im Dauerbetriebe bewähren sich die umgebauten Lokomotiven sehr gut und sind in bezug auf Brennstoffverbrauch auch den als Heifsdampfmaschinen gebauten Lokomotiven der Reihe 80 wegen der günstigeren Kesselabmessungen bedeutend überlegen.

Aufser den Lokomotiven dieser alten Lokomotivreihe, wurde noch der Umbau von verhältnismäfsig jungen 1D1-Heifsdampf-Vierzylinder-Verbundlokomotiven in Angriff genommen. Dabei handelt es sich um Lokomotivreihe 470 die erstmalig im Jahre 1914 gebaut wurde und im Jahre 1918 zur Nachbestellung gelangte. Der Grund für den Umbau dieser in verschiedenen Aufsätzen und Zeitschriften wiederholt beschriebenen Lokomotive, waren die hohen Instandhaltungskosten des Vierzylindertriebwerks. Die Lokomotiven kamen nämlich aufsschliefslich auf sehr kurvenreichen Hügellandstrecken in Verwendung und mufsten dabei, trotz ihrer verhältnismäfsig kleinen Treib- und Kuppelräder von 1574 mm Durchmesser, mit einer Dauergeschwindigkeit von 80 km/Std fahren. Dieser hohen Beanspruchung war weder das innere Triebwerk, noch die Steuerung gewachsen, so dafs die Lokomotiven nur bei sorgfältigster Instandhaltung verläfslich Dienst leisten konnten. Man entschlofs sich daher, das Vierzylinder-Verbundtriebwerk zu verlassen und auf Zwillingstriebwerk unter gleichzeitiger Anwendung der Lentz-Ventilsteuerung nach Bundesbahnbauart überzugehen. Die umgebaute Lokomotive mit der Reihenbezeichnung 670 zeigt Abb. 1, Taf. 43. Der Kessel samt dem Überhitzer bleibt beim Umbau vollständig unberührt. Geändert gegenüber der alten, auf Abb. 3, Taf. 43 dargestellten Bauart, wurden nur der Rahmen, die Zylinder, samt Steuerung und der Treibradsatz. An Stelle der innen gelagert gewesenen Hochdruckzylinder, wurden zwischen die beiden Hauptrahmenplatten kräftige Blechversteifungen und Winkelrahmen eingebaut. Auf den so enstandenen Blechkasten setzte man den gufseisernen Rauchkammersattel. Die Zylinder wurden wieder rechts und links vertauschbar ausgebildet, desgleichen die Ventilkasten. Der mit drei schmalen Dichtungsringen ausgestattete Kolben wird hinten durch einen einschienigen Kreuzkopf nach Bauart der Deutschen Reichsbahn und vorne durch ein Traglager, nach der bei den Neubaulokomotiven mehrmals erwähnten Ausführung getragen. Als Treibstangen konnten die vorhandenen Niederdruck-Treibstangen belassen werden. Der spurkranzlose Treibradsatz mit Kropfachse mufste durch einen solchen mit gerader Achse und versetzten Gegengewichten ausgewechselt werden. Geringfügige Änderungen waren auch an der äufseren Steuerung nötig. Die Treibachslager wurden erneuert und in üblicher Weise ausgebildet. Bei dieser Gelegenheit erhielten die Umbaulokomotiven Achslagerprefsschmierung nach Bauart Friedmann. Zahlreiche Probe- und Versuchsfahrten mit den ersten beiden Umbaulokomotiven, erwiesen deren bedeutende Überlegenheit über die Vierzylinder-Verbundbauart. Es wird Sache eines künftigen Aufsatzes sein, auf diese Fahrten näher einzugehen. Jedenfalls war der Erfolg bei den Versuchen und auch im späteren Betriebe ein derartiger, dafs sich die Bundesbahnverwaltung entschlofs, bereits im kommenden Jahre, alle Lokomotiven der Reihe 470 auf Zwillingsmaschinen umzubauen.

Wie aus den vorstehenden Zeilen zu ersehen ist, sucht die Bundesbahnverwaltung ihren Lokomotivbetrieb so wirtschaftlich als möglich zu gestalten. Zur Erreichung dieses Zieles hat sie den einzig richtigen Weg eingeschlagen, der darin besteht, unwirtschaftliche Kohlen- und Erhaltungkosten verschlingende Lokomotiven, ohne Rücksicht auf ihr Alter entweder durch Abbruch oder durch Umbau auszumerzen und den Abgang an derartigen Maschinen durch entsprechenden Bau von Lokomotiven, die nach den neuesten Betriebserfahrungen entworfen werden, zu decken. Dafs dabei Überhitzung, Steuerung und Vorwärmung eine wichtige Rolle spielen, ist bei dem heutigen Stand der Lokomotivtechnik selbstverständlich. Doch zeigt auch der zuletzt angeführte Umbau einer modernen Lokomotive, dafs nicht nur die thermischen und die Dampfverteilungsverhältnisse für einen weitgehenden Umbau ausschlaggebend sein können, sondern, dafs auch Verhältnisse, welche durch den rein mechanischen Teil des Triebwerks bestimmt werden, einen solchen Umbau in kurzer Zeit bezahlt machen.

Neuerungen im Waggon- und Triebfahrzeugbau.

Von Ministerialrat Ing. **Engels**, Abteilungsvorstand der Generaldirektion der Österreichischen Bundesbahnen.

Während sich das Eisenbahnwesen bis zum Weltkriege mit einer ziemlichen Stetigkeit unter konservativem Festhalten an fast unverrückbaren Erkenntnissen weiter entwickelte, erfordert die Nachkriegszeit eine teilweise Umstellung auf jene Ideen, die durch den Krieg und während des Krieges besonders in den Vereinigten Staaten von Amerika ihre Förderung fanden. Menschenmangel und plötzlich einsetzender Riesenbedarf reiften dort Anschauungen über Erhaltung und Betrieb, denen sich wohl keine Eisenbahnverwaltung der Welt dauernd vollkommen verschliefsen kann, aber deren kritiklose Übernahme besonders für Europa mit seinem verhältnismäfsigen Menschenüberschufs, seiner Verarmung und der dadurch bedingten Verteuerung des Geldes nicht immer den anzustrebenden Zweck vollkommen erreichen liefs. Besonders grofszügigen Vereinheitlichungen stehen auch oft die kleinlicheren Wirtschaftsverhältnisse und der durch die historische Entwicklung bedingte Drang des Europäers nach Individualisierung entgegen. Zweifelsohne müssen jedoch beim Fahrzeugbau einer grofsen Bahnverwaltung alle Grundsätze die auf Vereinheitlichung und alle Mafsnahmen die auf eine Rationalisierung des Betriebes abzielen, in möglichst weitgehendem Mafse Anwendung finden. Eine der wichtigsten Grundlagen für die Vereinheitlichung, bilden die Arbeiten der Internationalen Verbänden und besonders des Vereins Deutscher Eisenbahnverwaltungen, weil in seinem Gebiete durch jahrzehntelange Arbeit bereits eine weitgehende Gleichartigkeit, besonders im Wagenbau angestrebt und erreicht wurde, so dafs es nun möglich ist, Vereinheitlichungen im weitestgehendem Mafse über die Grenzen einzelner Bahnverwaltungen hinaus vorzunehmen. Aufser der Teilnahme an laufenden Arbeiten des Vereins hatten die Österreichischen Bundesbahnen die Führung bei der Festlegung der Pafsflächen zweiteiliger Bremsklötze (Abb. 1) und des Kupplungskopfes zweiteiliger Dampfheizkupplungen (Abb. 2).

Abb. 1.

Besonders für unser Land mit den vielen Steilrampen ist die Einführung einer für ganz Europa einheitlichen auswechselbaren Bremsklotzsohle von gröfster Bedeutung, da man verhältnismäfsig selten in der Lage war, einen abgenützten Bremsklotz aus dem vorhandenen Vorrat zu ersetzen, da in Europa über 500 verschiedene Bauformen in Verwendung stehen. Wegen der grofsen Wirtschaftlichkeit haben die Österreichischen Bundesbahnen den zweiteiligen Bremsklotz bereits seit beiläufig 15 Jahren in gröfserem Umfange eingeführt.

Der Kupplungskopf des zweiteiligen Heizschlauches ist im Wesen die Klauenkupplung der Vakuumbremse mit einem Verriegelungshaken. Dieser Kopf wurde das erste Mal von den ehemaligen k. k. Österreichischen Staatsbahnen dem damit befafsten Unterauschufs in seiner Tagung in Gmunden im Jahre 1913 vorgeführt. Die Kautschukschläuche entsprechen besonders wegen Platzens und Abblätterns im Innern und Verlegens des Querschnittes nicht mehr den gestellten Anforderungen. Wegen ihres gröfseren Gewichtes konnte man erst nach Festlegung des Kupplungskopfes an die Verwendung metallener zweiteiliger Heizkupplungen schreiten. Es wurden nunmehr von der Firma A. Friedmann in Wien solche Kupplungen gebaut (Abb. 3), die sich durch besondere Dichtheit, verhältnismäfsig geringes Gewicht und Gelenkigkeit auszeichnen. Die Abschlufsvorrichtung an die die Kupplung angeschlossen ist, wurde als Kugelschieber mit der gleichen Hartgummidichtung wie in den Gelenken der Kupplung, ausgebildet. Die Ausrüstung des Wagenparkes mit diesen Einrichtungen wird im laufenden Jahre in gröfserem Umfange begonnen.

Im Personenwagenbau wurde die Holzkonstruktion des Kastens verlassen und zum Eisengerippe übergegangen. Von

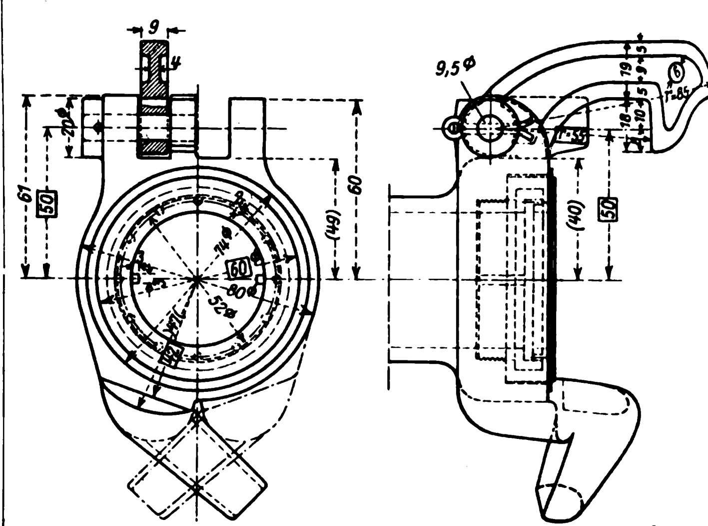


Abb. 2. Kupplungskopf zweiteiliger Dampfheizungskupplungen.

der Erwägung ausgehend, dafs auch das Dach in seiner tonnenförmigen Gestaltung dem Wagen Festigkeit verleiht, wurde dieses vom Anfang an aus 2 mm starkem Eisenblech hergestellt, wodurch die übrigen tragenden Teile entlastet werden.

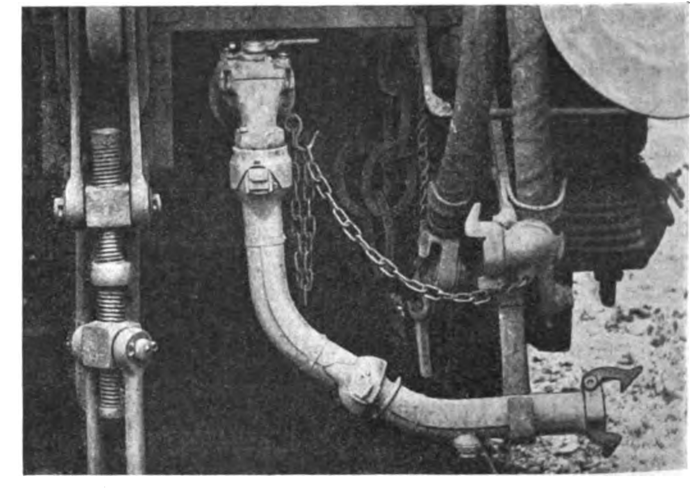


Abb. 3. Zweiteilige Heizkupplungen der Firma A. Friedmann, Wien.

Der erste vierachsige D-Zugwagen, der der Reihe BCa angehörte, war um etwa eine Tonne leichter als Holzwagen gleicher Reihe und wog 37000 kg (Abb. 4 und 5) während die zweiachsigen Wagen im Gewicht unverändert blieben.

Die Innenaustattung der Fernzugwagen soll den neuzeitlichen Erfordernissen angepafst werden. Es wurde zu diesem Zwecke ein namhafter Künstler mit der Ausarbeitung von Entwürfen betraut, die in nächster Zeit zur Probeausführung gelangen werden.

Der Güterwagenpark der Österreichischen Bundesbahnen bedarf wegen der grofsen Anzahl ausmusterungsreifer Wagen

einer zielbewufsten Erneuerung. Die zu beschaffenden Wagen werden bereits den Grundzügen des Austauschbaues entsprechen.

Die Normung, die in steter Fühlungnahme mit der Industrie erfolgt, ist soweit fortgeschritten, dafs bereits Musterwagen der Reihe Olr bestellt werden konnten. Vor Eintreten in die Massenbeschaffung soll den beteiligten Stellen des Betriebes und der Erhaltung Gelegenheit geboten werden, an den fertigen Wagen Kritik zu üben, damit möglichst alle berechtigten Wünsche berücksichtigt werden können.

Mit Rücksicht auf die Möglichkeit der Einführung einer durchgehenden Güterzugbremse und der Verwendung von Wagen auf Abrollbahnhöfen gewinnt die Pufferfrage eine besondere Bedeutung. Wegen der Erhaltung scheint der Hülsenpuffer wohl jetzt allgemein als vorteilhaft anerkannt zu sein, weshalb er auch bei unseren neuen Wagen Verwendung findet. Dafs eine mindestens 16 t Feder, womöglich mit Kraftverzehrung anzustreben ist, kann ebenfalls als Selbstverständlichkeit angenommen werden. Ob aber z. B. die Ringfeder allein infolge ihrer Steifheit zweckmäfsig verwendet werden kann, ist besonders für krümmungsreiche Strecken fraglich. Eine vorgeschaltete Schneckenfeder verringert wohl die Zugwiderstände, verteuert aber die Einrichtung wesentlich und beläfst bei den bekannten Bauarten einen Teil des Pufferspieles ohne Kraftverzehrung.

Ein Gebiet, das wegen der grofsen in Frage kommenden Stückzahl derzeit Unternehmer und Erfinder und wegen Heifslaufen und Ölverbrauch die Eisenbahningenieure aufserordentlich beschäftigt, ist die Gestaltung des Lagers und der Lagerschmierung. Wohl die gröfste Aufmerksamkeit wurde in letzter Zeit der mechanischen Schmierung zugewendet. Rolle, Förderscheibe und Schleuderarme sind hierbei die am meisten verwendeten Bestandteile. Es scheint jedoch über keine dieser Schmierungen ein übereinstimmendes Urteil vorzuliegen, weshalb bei den neuen Wagenlagern die bekannte Polsterschmierung beibehalten wurde. Da wohl bei jeder Schmierung das Wichtigste das Vorhandensein von Öl und das Nichtvorhandensein von Wasser ist, so bildet der Abschlufs des Lagers gegen das Rad den Kernpunkt der zu lösenden Aufgabe. Auch in dieser Richtung sind Versuche im Gange, doch soll bis zu deren Abschluss die gebräuchliche Holz-Filz-Scheibe Verwendung finden.

Bei den Personenwagen sind Rollenlager versuchsweise eingebaut. Infolge des hohen Preises kann ein solches Lager nur dann wirtschaftlich sein, wenn es möglichst viel im Verkehr steht. Dies trifft bei Schnellzugwagen, Güterwagen, die in geschlossenen Zügen im Pendelverkehr stehen und bei Trieb- und Strafsenbahnwagen zu. Auch ist die Zugkraftersparnis in Ländern mit vielen Steilrampen infolge des Überwiegens der Schwerkraftkomponente im Verhältnisse zu dem Gesamtaufwande sehr gering. Anstände sollen sich auch bei Rollenlagern infolge der elektrischen Heizung ergeben haben. Da der Strom über die Lager in die Schiene geleitet wird, sollen sich an den Oberflächen der Rollen Schäden gezeigt haben. Wenn wir diesen Wahrnehmungen auch keine wesentliche Bedeutung beimessen, so wurden immerhin Versuche in dieser Richtung eingeleitet.

Was die Einführung einer durchgehenden Güterzugbremse anbelangt, so dürfte wohl die nächste Zeit auch in dieser Frage bei uns eine Entscheidung bringen. Die Probegüterwagen erhalten die Kunze-Knorr-Bremse.

Im Laufe der letzten Jahre wurden verschiedene neuartige Spezialwagen gebaut und zeigt z. B. Abb. 6 einen Tiefgangwagen für die Beförderung hoher Güter und schmalspuriger Lokomotiven.

Da die Führung von reinen Personenzügen auf Lokalbahnen und ähnlich verkehrsschwachen Strecken mit Dampflokomotiven seit jeher nicht die Selbstkosten zu decken imstande war, und

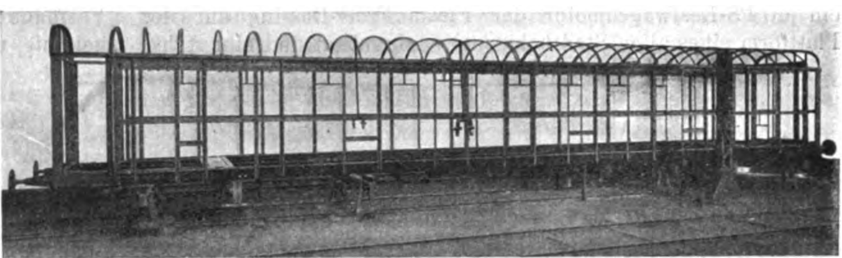


Abb. 4. Gerippe eines vierachsigen D-Zugwagens der Reihe BCa.

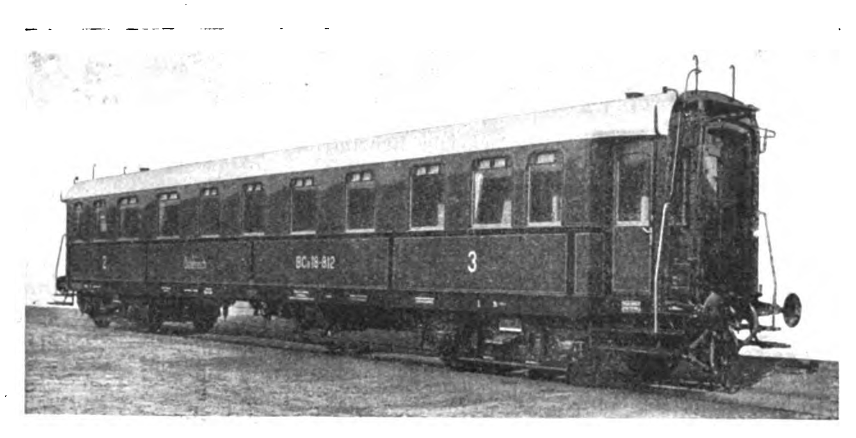


Abb. 5. Vierachsiger D-Zugwagen der Reihe BCa.

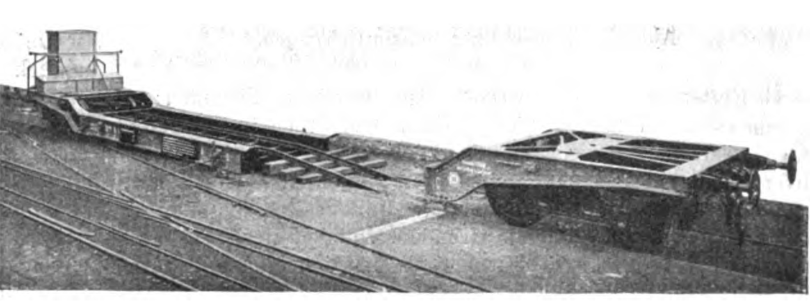


Abb. 6. Tiefgangwagen.

da andererseits der auf gemischte Züge beschränkte Verkehr naturgemäfs derart spärlich und langsam wird, dafs die Personenbeförderung auch für die bescheidensten Bedürfnisse der Bevölkerung nicht genügen kann, werden von der Österreichischen Bundesbahn seit 1922 Versuche mit Verbrennungsmotor-Triebwagen durchgeführt, die durch Ermöglichung einer Verkehrsverdichtung dem Kraftwagenwettbewerb entgegenwirken soll.

Wir geben im folgenden eine kurze Übersicht unserer diesbezüglichen Mafsnahmen; ein eingehender technischer Bericht über die Ergebnisse der umfangreichen Versuche wird nach Abschlufs, seinerzeit vom Fachreferenten Dr. Ing. O. Prinz veröffentlicht werden.

Bei Beginn der Versuche waren an erprobten Bauarten von Benzintriebwagen in Österreich überhaupt keine, in Deutschland die Motorwagen der A. E. G. und der Deutschen Werke Kiel vorhanden.

Vorerst mufste jedoch auf womöglich kostenlose Weise die Betriebsbrauchbarkeit und Sparsamkeit von Benzintriebwagen für die besonderen österreichischen Verhältnisse nachzuweisen getrachtet werden. Da unter den damaligen Verhältnissen die Verwendung der obengenannten, bereits bewährten Bauarten vorläufig nicht zu ermöglichen war, wurde ein Vorversuch unter möglichster Herabdrückung der Unkosten so durchgeführt, dafs ein 60 PS-Lastwagenmotor der Firma Frofs-Büssing auf der Plattform eines alten Stadtbahnwagens eingebaut und eine Achse

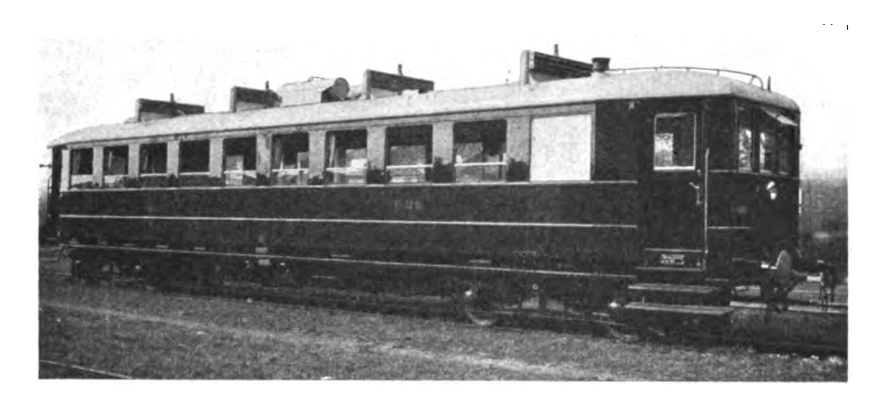


Abb. 7. Vierachsiger Benzintriebwagen.

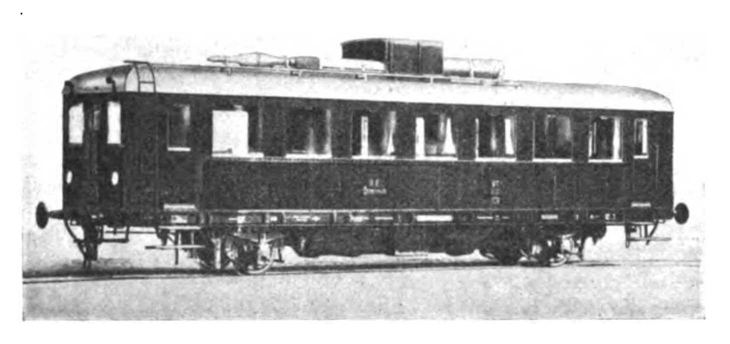


Abb. 8. Zweiachsiger Benzintriebwagen.

durch Ketten angetrieben wurde. Die Betriebserfahrungen mit diesem sehr einfachen und billigen behelfsmäfsigen Motorwagen waren derart günstig, dafs der nächste Schritt mit der Inverwendungnahme der beiden obengenannten fertigen Bauarten wohl gewagt werden konnte. Und zwar trachteten wir teils aus volkswirtschaftlichen Gründen schon zu diesen Anfangsversuchen österreichische Firmen heranzuziehen, um dadurch für den Weiterban solcher Wagen im Inlande vorzusorgen. Für die Bundesbahnen handelte es sich damals mangels zur Verfügung stehender Geldmittel auch darum, womöglich die Versuchsfahrzeuge für einen längeren Probebetrieb kostenlos und unverbindlich zur Verfügung gestellt zu bekommen.

Zur Tragung dieses Risikos für die A. E. G.-Bauart erklärte sich nunmehr die Firma Österreichische Industriewerke Warchalowski, Eifsler & Co. A. G. (Wien XVI) bereit, und stellte zuerst einen alten Versuchswagen der A. E. G., dann einen neugebauten A. E. G.-Wagen für unsere Betriebsversuche auf ihre Kosten zur Verfügung. Auf Grund der günstigen Versuchsergebnisse konnten wir dann den neugebauten Wagen nach kurzer Zeit ankaufen.

Auch die Deutschen Werke, Kiel, folgten dem obigen Beispiel und stellten uns einen Probewagen für längere Zeit zur Verfügung, der sich im Betrieb ebenfalls gut bewährte und angekauft wurde. Seither sind auch die damals zwischen Kiel und der Grazer Waggon- und Maschinenfabriks-A. G., Graz, eingeleiteten Verhandlungen auf Erzeugung dieser Wagen in Österreich dahin zum Abschlufs gekommen, dafs Motor und Getriebe von Kiel bezogen, die wagenbaulichen Arbeiten jedoch von der genannten Inlandfirma ausgeführt werden.

Auf Grund der günstigen Versuchsergebnisse konnten dann im Jahre 1926 weitere 5 vierachsige (Abb. 7) und 4 zweiachsige (Abb. 8) Benzintriebwagen bei den obengenannten Firmen in Auftrag gegeben werden, die zum gröfsten Teil bereits ausgeliefert sind und sich bisher im Betrieb gut bewähren.

Da noch sehr wesentliche Ersparnisse an Brennstoffkosten durch Verwendung von Ölmotoren erreichbar sind, haben wir auch je eine Voll- und schmalspurige 200 PS Diesellokomotive bei der Grazer Waggon- und Maschinenfabriks-A. G. in Auftrag gegeben, die ebenfalls bereits in nächster Zeit ihre Probefahrten beginnen werden.

Um die Ausnützung der grofsen wirtschaftlichen Vorteile des Dieselmotors im Vergleich zur Auspuffdampfmaschine auch für unsere Bodenseeschiffahrt auszunützen, haben wir ein mit 2 mal 270 PS kompressorlosen Dieselmotoren auszurüstendes Schiff, das auch speziell als Vergnügungsschiff ausgestattet werden wird, in Auftrag gegeben.

Ein neuartiger schnellaufender Ölmotor (System Hindl) wird in einem bei der Maschinen- und Waggonfabrik Simmering bestellten zweiachsigen Triebwagen versucht werden.

Für die elektrifizierten Bundesbahnstrecken werden zur Instandhaltung der Oberleitung eigenbewegliche Fahrzeuge mit motorisch hebbarer Arbeitsbrücke gebraucht; die für diesen Zweck von Warchalowski A. G. gebauten zweiachsigen Benzinmotorturmwagen bewähren sich ausgezeichnet.

Für Motordräsinen, die ebenfalls für die elektrifizierten Strecken sowie für den Bahnaufsichtsdienst u. dergl. gebraucht werden, wurde neuerdings in der von der Österreichischen Daimler-Motoren A. G., Wiener-Neustadt, erzeugten Bauart ein wesentlicher Fortschritt an Betriebssicherheit, Schnelligkeit usw. erreicht.

Motorisierte Bahnwagen sind in mehreren Bauarten in Erprobung.

Der Bau von Schienenmotorrädern für die Bahnmeister, der durch die vergröfserten Bereiche derselben zu einer unbedingten Betriebsnotwendigkeit geworden ist, wurde eifrig gefördert, in gemeinsamer Arbeit mit der Liesinger-Motorenfabrik A. G., Liesing, wurden gut brauchbare einsitzige und dreisitzige Bauarten geschaffen.

Die Entwicklung des regelspurigen Wagenparkes der Österreichischen Bundesbahnen seit dem Kriegsende.

Von Hofrat Ing. **Kühnelt**, Abteilungsvorstand der General-Direktion der Österreichischen Bundesbahnen.

Bei Kriegsende hatten die vormaligen k. k. Staatsbahnen einen regelspurigen Wagenpark, dessen Stand in der Spalte a der beiliegenden Tafel ausgewiesen erscheint. In diesen Stand, welcher auch die Wagen der von den k. k. Staatsbahnen betriebenen Lokalbahnen enthält, sind jedoch Privatwagen, Leihwagen und Arbeitswagen nicht einbezogen.

Der Wagenpark der ehemaligen k. k. Staatsbahnen setzte sich zusammen aus den Wagen der im Laufe des 19. Jahrhunderts verstaatlichten Bahnen, sowie aus den Wagen der im Jahre 1907 verstaatlichten k. k. priv. Kaiser Ferdinands-Nordbahn (Wagengruppe XXXVI), der im Jahre 1909 verstaatlichten k. k. priv. Böhmischen Nordbahn-Gesellschaft (Wagengruppe



XXXIX), der k. k. priv. österreichischen Nordwestbahn und der k. k. priv. Südnorddeutschen Verbindungsbahn (Wagengruppe XL) und der k. k. priv. österreichisch-ungarischen Staatseisenbahn-Gesellschaft (Wagengruppe XLI).

Die Wagen dieser zu verschiedenen Zeiten verstaatlichten Bahnen hatten verschiedene Bauarten, welche nach der Verstaatlichung bei den vormaligen k. k. Staatsbahnen nach der Bauart in Wagengruppen (Bauartgruppen) eingeteilt wurden. So wurden die Wagen der einzelnen ehemahligen Privatbahnen in nachfolgende Gruppen eingeteilt:

Kaiserin Elisabeth-Bahn	Wagengruppe I
Niederösterreichische Südwestbahnen .	» II
Kronprinz Rudolfs-Bahn	» III
Vorarlberger Bahn	» IV
Istrianer Staatsbahn	» V
Dalmatiner Staatsbahn	» VI
Rakonitz Protiwiner Staatsbahn . .	» VII
Kaiser Franz Josepfs-Bahn	» IX
Eisenbahn Pilsen-Priesen (Komotau) .	» X
Erzherzog Albrechts-Bahn	» XI
Tarnow-Leluchower-Staatsbahn . . .	» XII
Dniester Staatsbahn	» XIII
Mährische Grenzbahn	» XV
Hohenstadt-Zöptau	» XVa
Mährisch-schlesische Zentralbahn . .	» XVI
Prag-Duxer-Eisenbahn	» XVII
Dux-Bodenbacher-Eisenbahn	» XVIII
Ungarische Westbahn (steirische Linien)	» XIX
Erste ungarisch-galizische Eisenbahn .	» XX
Österreichische Lokal-Eisenbahn-Gesellschaft	» XXI
Lemberg-Czernowitz-Jassy-Eisenbahn (österreichische Linien)	» XXII
Lokalbahn Eisenerz-Vordernberg . .	» XXIII
Eisenbahn Lemberg-Belzec (Tomaszow)	» XXIV
Kolomeaer Lokalbahnen	» XXV
Bukowinaer Lokalbahnen	» XXVI
Galizische Karl Ludwig-Bahn . . .	» XXVII
Böhmische Westbahn	» XXIX
Mühlkreisbahn	» XXX
Reichenberg-Gablonz-Tannwalder-Eisenbahn	» XXXI
Kremstalbahn	» XXXII
Lokalbahn Cilli-Wöllau	» XXXIII
Montafoner Bahn	» XXXIV
Lokalbahn Melnik-Mscheno und Lokalbahn Kuttenberg-Zruc	» XXXVII
Lokalbahn Mscheno-Unter Cetno . .	» XXXVIII,
ferner:	
die Wagen der Kaiser Ferdinands-Nordbahn in	» XXXVI
die Wagen der Böhmischen Nordbahn in	» XXXIX
die Wagen der Österreichischen Nordwestbahn und der Südnorddeutschen Verbindungsbahn in	» XL
die Wagen der Österreichisch-ungarischen Staatseisenbahngesellschaft in . .	» XLI
und	
die Wagen der Böhmischen Kommerzialbahnen in	» XLII

Diese grofse Anzahl verschiedener Wagengruppen wurde noch vermehrt durch die bei den ehemaligen k. k. Staatsbahnen selbst im Laufe der Jahre geschaffenen neueren Bauarten (Wagengruppen). Die ersten nach der Verstaatlichungsperiode bei den k. k. Staatsbahnen einheitlich gebauten Wagen sind jene der Bauart (Wagengruppe) Ia, das sind jene Wagen, welche nach der Verstaatlichungsperiode bis zum Jahre 1900 gebaut wurden. Im Jahre 1900 wurde die nächste einheitliche Bauart, die Wagen der Gruppe Ib geschaffen. Die Wagen dieser Gruppe haben bereits verstärkte Zugvorrichtung und einheitliche Lagerform. Dieser Gruppe gehört die gröfste Anzahl der Wagen an. Später wurden auch noch Bauarten für besondere Zwecke geschaffen, wie die Wagen der Gruppen Ic, Id und Ie.

Die Wagen der Wagengruppe Ic umfassen die Lokalbahnwagen mit leichtem Laufwerk und leichter Zug- und Stofsvorrichtung, die Wagen der Wagengruppe Id sind Umsetzgüterwagen, System Breidsprecher, die Wagen der Wagengruppe Ie Lokalbahnwagen mit leichtem Laufwerk, jedoch mit der Regel-Zug- und Stofsvorrichtung.

Die letzte von den vormaligen k. k. Staatsbahnen geschaffene Bauart umfafst die Wagen der Wagengruppe If. Die Wagen dieser Gruppe haben stärkere Achsen, geprefste Achsgabel und neue einheitliche Achslager, auch wurde die Zugvorrichtung abermals verstärkt, ebenso die Stofsvorrichtung.

Zu dem kommt, dafs alle verstaatlichten Bahnen in ihren Wagenpark, je nach den durch die vorwiegend zu befördernden Güter hervorgerufenen Verwendungszwecken, Wagentypen (Wagenreihen) eingereiht hatten, die bei den einzelnen Bahnen nicht immer gleichartig und selbst bei den gleichartigen Wagenreihen (Verwendungsreihen) mehr oder weniger grofse Verschiedenheiten aufwiesen. So hatte zum Beispiel die k. k. priv. Kaiser Ferdinands-Nordbahn eigene Gepäckwagen (Dienstwagen) für Kohlenzüge, deren Eigengewicht durch auf der Endbühne angebrachte eiserne Platten bedeutend erhöht war, sogenannte »Ballastwagen«. Diese Wagen wurden in längeren Kohlenzügen verwendet, um besonders bei der Leerrückfahrt nach den Kohlengebieten das nötige Bremsausmafs zu sichern.

Daraus ergibt sich die grofse Mannigfaltigkeit des Wagenparkes der k. k. Staatsbahnen. Diese Mannigfaltigkeit der Wagengruppen und Wagenreihen hatte bei den k. k. Staatsbahnen ihre Zweckmäfsigkeit vielfach eingebüfst, ja es entstanden den k. k. Staatsbahnen hieraus sogar vielfach Schwierigkeiten in bezug auf die einheitliche Wagenverteilung und Wagenerhaltung.

Da die Wagen der österreichisch-ungarischen Eisenbahnen im Kriege einen gemeinsamen Wagenpark bildeten, ergab sich, dafs mit Kriegsende der Wagenpark der k. k. Staatsbahnen auf die Eisenbahnlinien der ehemaligen österreichisch-ungarischen Monarchie ungleichmäfsig verteilt war.

Mit Kriegsende befanden sich die Wagen der ehemaligen k. k. Staatsbahn auf allen Linien der neugebildeten Nachfolgestaaten der österreichisch-ungarischen Monarchie, soweit sie nicht als Beute- und Beschlagnahmewagen im Gebiete der feindlichen Staaten waren. Durch den Zerfall der österreichisch-ungarischen Monarchie war die Notwendigkeit entstanden, den Wagenpark der ehemaligen k. k. Staatsbahnen und jenen der ehemaligen kgl. ungarischen Staatsbahnen auf die neugegründeten Nachfolgestaaten zu verteilen.

Es wurde zu diesem Zwecke vom Obersten Rat in Paris im Sinne der §§ 318 und 301 der Friedensverträge von St. Germain und Trianon die Fahrparkaufteilungskommission (Repartitionskommission) in Wien, unter Vorsitz von Sir Francis Dent, geschaffen, welche die Aufgabe hatte, die Wagenparke der ehemaligen k. k. Staatsbahnen und der ehemaligen kgl. ungarischen Staatseisenbahnen, sowie der österreichisch-ungarischen Heeresbahnverwaltung aufzuteilen, um jedem Nachfolgestaate die nötigen Mittel zur Bewältigung des Eisenbahnverkehrs zu schaffen.

In dieser Kommission waren die Regierungen folgender Staaten vertreten: Italien, Polen, Österreich, Rumänien, S. H. S., der Tschechoslowakischen Republik und Ungarn.

Diese Kommission begann ihre Arbeiten am 22. 10. 1919 und bemühte sich, vorerst durch verschiedene Zählungen einen für die Verteilung greifbaren Stand an Wagen zu erfassen.

Zusammen-

Tafelzeichen			Personenwagen									
			Saalwagen			Klassenwagen						Summe
			mit Achsen							Lokalbahnwagen	altartige Abteilwagen	
			4	3	2	4	3	2 mit Seitengang	2 mit Mittelgang			
a	Wagenpark der ehemaligen k. k. Staatsbahnen	Stand am 3. 11. 1918	11	19	32	985	813	6144	6030	284	1419	15737
b	Anteil Österreichs aus dem Fahrpark der ehemaligen k. k. Staatsbahnen	aus D. W. I	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
		aus provisorischer Zuweisung nach Portorose	7	7	15	395	317	1801	2329	55	270	5196
		Summe	7	7	15	395	317	1801	2329	55	270	5196
	Abgabe auf Grund der endgültigen Aufteilung des Fahrparkes der ehemaligen k. k. Staatsbahnen		3	1	2	59	47	182	84	—	—	378
	Endgültiger Anteil Österreichs am Fahrpark der ehemaligen k. k. Staatsbahnen		4	6	13	336	270	1619	2245	55	270	4818
	Verminderung dieses Anteils durch Abfall aus verschiedenen Gründen wie Ausmusterung usw. bis 31. 12. 1926		—	4	9	15	23	85	171	14	246	567
	Stand des Anteils Österreichs aus dem Fahrpark der ehemaligen k. k. Staatsbahnen am 31. 12. 1926	auf Grund der D. W. I	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
		auf Grund der provisorischen Zuweisung nach Portorose an k. k. Staatsbahnwagen	4	2	4	321	247	1534	2068	41	24	4245
		auf Grund der provisorischen Zuweisung nach Portorose an M. A. V.-Wagen	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
		auf Grund der provisorischen Zuweisung nach Portorose an k. u. k. H. B.-Wagen	—	—	—	—	—	—	6	—	—	6
		Summe	4	2	4	321	247	1534	2074	41	24	4251
c	Von den Österreichischen Bundesbahnen von Kriegsende bis 31. 12. 1926 neu beschaffte Wagen	Stand am 31. 12. 1926	—	—	—	114	—	491	287	—	—	892
d	Wagenpark der priv. S. B.-Gesellschaft	Stand am 1. 6. 1922	1	1	9	177	—	810	776	159	4	1937
		Beanspruchte Beute- und Armisticewagen	—	—	—	9	—	82	88	23	—	202
		somit Aufteilungsstand	1	1	9	168	—	728	688	136	4	1735
		Anteil Österreichs am Aufteilungsstand	—	—	3	29	—	140	457	50	4	683
		davon Abfälle durch Ausmusterungen usw.	—	—	2	—	—	4	59	43	—	108
		Schließlicher Stand des österreichischen Anteils an Südbahnwagen am 31. 12. 1926	—	—	1	29	—	136	398	7	4	575
e	Stand des von den N. Ö. L. B. und der W. P. B. übernommenen Wagenparks	Stand am 31. 12. 1926	—	—	1	28	—	—	93	—	—	122
f	Wagen der österreichischen Postverwaltung	Stand am 31. 12. 1926	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
g	Gesamtstand des Wagenparkes der Österreichischen Bundesbahnen	Stand am 31. 12. 1926	4	2	6	492	247	2161	2852	48	28	5840

Dieser Stand war gegenüber dem Buchstande durch tatsächliche Verluste im Kriege, durch Beuteansprüche der beuteberechtigten Staaten und durch Waffenstillstandsforderungen wesentlich geringer.

Da die Arbeiten äußerst umfangreich und zeitraubend waren, wurde im Jahre 1921, unbeschadet der noch festzusetzenden, endgültigen Anteile, eine endgültige Teilzuweisung von 54 736 Güterwagen der ehemaligen k. k. Staatsbahnen und der vom Staate betriebenen Privatbahnen nach dem buchmäßigen Stande vom 3. 11. 1918 an die einzelnen Staaten beschlossen und diese Verteilung »D. W. I« (erste definitive Wagenaufteilung) genannt.

Die D. W. I umfaßte die Güterwagen der seiner Zeit verstaatlichten und im Betriebe der ehemaligen k. k. Staatsbahnen gestandenen Privatbahnen der Wagengruppen I bis XLII, die Umsetzwagen, Bauart Breitsprecher, und die als Sonderarbeitswagen bezeichneten Güterwagen, da letztgenannte Wagen auf Arbeitswagen nicht umgebaut und unter Beibehaltung ihrer

stellung.

Gepäckwagen					Postwagen				Güterwagen													
Achsen					Achsen				gedeckte						offene							
4	3	2		Summe	4	3	2	Summe	Kastenwagen	Spezialwagen	Pferdewagen	Hornviehwagen	Etagenwagen	Summe	Plattformwagen	Schemelwagen	Niederbordwagen	Hochbordwagen	Kessel- und sonstige Spezialwagen	Wagenkrane	Summe	Gesamtsumme
		Personenzüge	Güterzüge																			
96	235	2029	2089	4449	215	72	648	935	62503	968	195	64	1050	64780	989	3445	6066	75445	417	39	86401	151181
—	—	—	—	—	—	—	—	—	2741	30	19	5	20	2815	53	315	1311	3076	3	—	4758	7573
47	87	545	607	1286	93	28	210	331	11065	400	51	450	398	12364	29	400	215	7219	115	13	7991	20355
47	87	545	607	1286	93	28	210	331	13806	430	70	455	418	15179	82	715	1526	10295	118	13	12749	27928
15	—	4	—	19	20	9	43	72	2567	69	—	—	200	2836	2	180	87	1032	3	1	1305	4141
32	87	541	607	1267	73	19	167	259	11239	361	70	455	218	12343	80	535	1439	9263	115	12	11444	23787
2	—	29	68	99	14	2	29	45	1191	59	18	397	137	1802	11	20	255	229	—	—	515	2317
—	—	—	—	—	—	—	—	—	1807	16	5	4	8	1840	40	203	1010	2567	3	—	3823	5663
30	87	512	539	1168	59	17	138	214	8075	286	47	1	64	8473	26	310	167	6429	112	12	7056	15529
—	—	—	—	—	—	—	—	—	161	—	—	53	9	223	1	2	7	37	—	—	47	270
—	—	—	—	—	—	—	—	—	5	—	—	—	—	5	2	—	—	1	—	—	3	8
30	87	512	539	1168	59	17	138	214	10048	302	52	58	81	10541	69	515	1184	9034	115	12	10929	21470
27	—	109	115	251	6	—	18	24	1223	44	—	—	—	1267	27	357	3	3867	7	—	4261	5528
15	5	280	223	523	—	—	33	38	7912	—	23	—	129	8064	55	822	1023	6349	947	10	9206	17270
—	1	47	39	87	—	—	7	7	1437	—	1	—	18	1456	8	87	171	1019	92	2	1379	2835
15	4	233	184	436	—	—	26	26	6475	—	22	—	111	6608	47	735	852	5330	855	8	7827	14435
5	—	87	41	133	—	—	10	10	1950	—	10	—	22	1982	18	273	318	2006	302	1	2918	4900
—	—	18	15	33	—	—	5	5	377	—	8	—	4	389	8	5	40	141	300	1	495	884
5	—	69	26	100	—	—	5	5	1573	—	2	—	18	1593	10	268	278	1865	2	—	2423	4016
—	—	20	3	23	—	—	—	—	94	—	—	—	—	94	—	—	40	156	—	—	196	290
—	—	—	—	—	8	10	8	26	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
62	87	710	683	1542	73	27	169	269	12938	346	54	58	99	13495	106	1140	1505	14922	124	12	17809	31304

Bauart während des Krieges nur auf Arbeitswagen mit neuen Inventarnummern umschrieben wurden.

Für die Zuweisung der Wagen an die einzelnen Staaten wurde bei dieser Verteilung als Grundsatz festgesetzt, dafs durch die Zuweisung ganzer Wagengruppen an die Stammbahnen und ihr zugehörigen Stammwerkstätten die Erhaltung der Wagen wesentlich gefördert würde. Aus diesem Grunde wurden die Wagen jener Bahnen, deren Netz zur Gänze in das Gebiet eines Staates fiel, auch zur Gänze dem betreffenden Staate zugewiesen. Bei Bahnlinien, welche zwei oder mehreren Staaten gemeinsam waren, wurden soweit dies das neue Österreich betraf, nachstehende Vereinbarungen getroffen: Die Wagen der österreichischen Lokaleisenbahngesellschaft wurden nach dem auf die betreffenden Staaten entfallenden Baugeländeverhältnis dieser Bahn zwischen der Tschechoslowakischen Republik und Österreich, die Wagen der ehemaligen Nordwestbahn zur Gänze Österreich zugewiesen. Was die Wagen der ehemaligen Staatseisenbahngesellschaft anbelangt, so wurden diese Wagen zwischen Öster-

reich und der Tschechoslowakischen Republik aufgeteilt. Demnach erhielt Österreich die Güterwagen der Kaiserin Elisabeth-Bahn (Wagengruppe I), der Niederösterreichischen Südwestbahnen (Wagengruppe II), der Kronprinz Rudolfs-Bahn (Wagengruppe III), der Vorarlbergerbahn (Wagengruppe IV), 30 % der österreichischen Lokaleisenbahngesellschaft (Wagengruppe XXI), der Eisenerz-Vordernberger-Lokalbahn (Wagengruppe XXIII), der Kremstalbahn (Wagengruppe XXXII), der österreichischen Nordwestbahn (Wagengruppe XL) zur Gänze und 1013 Wagen der österreichisch-ungarischen Staatseisenbahngesellschaft (Wagengruppe XLI), sowie die Güterwagen der Pachtbahnen auf Rechnung des Staates: Absdorf-Stockerau, Mühlkreisbahn, ungarische Westbahn und Welser-Lokalbahnen und die Wagen der für Rechnung der Eigentümer vom Staate betriebenen Privatbahnen auf dem Gebiete der österreichischen Republik.

Die tatsächliche Auswirkung dieser Aufteilung ist aus der Zusammenstellung unter Spalte b) zu ersehen.

Um in der Zeit bis zur endgültigen Aufteilung des noch übrigen, zahlenmäfsig gröfseren Anteiles des gemeinsamen Wagenparkes die nötigen Verkehrsmöglichkeiten und Sicherheiten für einen geregelten Verkehr zwischen den Nachfolgestaaten zu schaffen, wurde im November 1921 in Portorose eine internationale Verkehrskonferenz abgehalten, auf Grund welcher eine provisorische Aufteilung des vorgenannten Restes des gemeinsamen Wagenparkes durchgeführt wurde. Es wurde nämlich beschlossen, ab 1. 1. 1922 jeden Güterwagen des gemeinsamen Fahrparkes der früheren Monarchie, der durch die D. W. I noch nicht erfafst war, mit dem Hoheitszeichen jenes Nachfolgestaates, in welchem er sich zu diesem Zeitpunkte befand, provisorisch zu beschreiben. Die Wagen des gemeinsamen Fahrparkes, welche auf diese Art provisorisch umgeschrieben wurden, waren von diesem Zeitpunkte angefangen, vom Standpunkte des Verkehrs wie die Eigentumswagen des Staates, welcher sie umgeschrieben, d. h. mit seinem Eigentumsmerkmal provisorisch versehen hatte, zu behandeln.

Hierdurch gelangte Österreich in den Besitz von provisorisch umbezeichneten Wagen, die nicht nur Einheiten der ehemaligen k. k. Staatsbahnen, sondern auch solche der M. A. V. und der von der ehemaligen österreichisch-ungarischen Heeresverwaltung während des Krieges beschafften, mit k. u. k. Heeresbahnen bezeichneten Einheiten umfafsten.

Von dieser provisorischen Umschreibung auf das Eigentumsmerkmal des besitzergreifenden Staates waren ausgeschlossen die Beute- und Beschlagnahmewagen, die Leihwagen, die Privatwagen und alle von den einzelnen Nachfolgestaaten nach dem Kriegsende auf eigene Kosten angeschafften Wagen.

Die Anzahl der auf diese Art in den Besitz Österreichs gelangten Wagen ist aus der Zusammenstellung unter Spalte b) zu ersehen.

In den Jahren 1924 bis 1926 erfolgte sodann die endgültige Aufteilung der an die einzelnen Staaten provisorisch zugewiesenen Wagen des gemeinsamen Wagenparkes der k. k. Staatsbahnen, wobei Österreich aus seinen Beständen an provisorisch umbezeichneten Wagen 378 Personenwagen, 1913 Gepäck- und Postwagen und 4141 Güter- und Spezialwagen abzugeben hatte. Diese Abgabe und der natürliche Abfall an Wagen des gemeinsamen Wagenparkes ergab einen mit 31. 12. 1926 verbleibenden Stand, der sowohl in seiner Summe, sowie auch in seiner Zusammensetzung in der Zusammenstellung in Spalte b) ausgewiesen ist.

Der den Staatsbahnen der Republik Österreich in der Nachkriegszeit zur Verfügung gestandene Wagenpark ist aufgebaut auf dem auf Grund der Friedensverträge von der Fahrparkaufteilungskommission der Republik Österreich, wie vorstehend besprochen, zugewiesenen Einheiten und zwar:

a) der ehemaligen k. k. Staatsbahnen und der von ihnen betriebenen Privatbahnen,

b) der ehemaligen kgl. ungarischen Staatseisenbahnen und

c) der ehemaligen k. u. k. Heeresbahn.

Dieser Wagenpark ergänzte sich nun weiters:

a) aus Einheiten, die aus den Mitteln der Republik Österreich und dem Unternehmen »Österreichischen Bundesbahn« nach dem 3. 11. 1918 beschafft wurden,

b) aus Einheiten aus dem Bestande der ehemaligen priv. Südbahngesellschaft, die von der Technischen Kommission für die Aufteilung des Südbahnfahrparkes dem österreichischen Südbahnnetz, anläfslich der Übernahme des Betriebes der in Österreich liegenden Linien der Südbahngesellschaft durch die Österreichischen Bundesbahnen, endgültig zugewiesen wurden,

c) aus Einheiten jener österreichischen Privatbahnen, deren Fahrpark nach dem 3. 11. 1918 übernommen wurde und schliefslich

d) aus Wagen der österreichischen Postverwaltung.

Die Republik Österreich, die die auf ihrem Gebiete liegenden ehemaligen k. k. Staatsbahnen als »Österreichische Staatsbahnen« übernahm, und später die ab 1. 10. 1923 den Betrieb führende Unternehmung »Österreichische Bundesbahnen« haben zuerst aus Staatsmitteln, dann aus Mitteln der Unternehmung die Beschaffung neuer Fahrbetriebsmittel vorgenommen. Hierzu werden auch die vor dem 3. 11. 1918 von den ehemaligen k. k. Staatbahnen bei den zwei österreichischen Wagenbaufabriken bestellten, nach dem 3. 11. 1918 gelieferten und von der Republik Österreich bezahlten Fahrbetriebsmittel gerechnet. Der derzeitige Stand an solchen Einheiten ist aus der Zusammenstellung in Spalte c) ersichtlich.

Im Sinne des Art. 12 des Abkommens von Rom vom 29. 3. 1923, das zwischen dem Königreiche Italien, der Republik Österreich, dem Königreiche der S. H. S., dem Königreiche Ungarn und der Südbahngesellschaft geschlossen wurde, hat sich die Südbahngesellschaft verpflichtet, die Bahn, die den betreffenden Staat durchzieht, mit ihren Einrichtungen, ihrem Zugehör und mit jenem Teil des rollenden Materiales für den Beförderungs- und Zugförderungsdienst der dem Besitzstande der Gesellschaft am 1. 6. 1922 entsprochen hat, zu übergeben.

Für die Republik Österreich wurde dieser Teil mit 33,8 % bemessen.

Die tatsächliche Aufteilung des rollenden Materials besorgte eine Technische Kommission, die aus Sachverständigen der Eisenbahnverwaltungen eines jeden Staates und aus Sachverständigen der Südbahngesellschaft bestand. Die Tätigkeit dieser Kommission hat am 20. 10. 1923 begonnen.

Bei der Aufteilung der Wagen wurde von dem buchmäfsigen Stande vom 1. 6. 1922 ausgegangen.

Das Ergebnis dieser Aufteilung ist in der Zusammenstellung in Spalte d) entwickelt.

Der Zuwachs an Fahrbetriebsmitteln der in den Jahren 1922 und 1924 in den Betrieb der Österreichischen Staatsbahnen bzw. der Österreichischen Bundesbahnen übernommenen Niederösterreichischen Landesbahnen und der Wien-Pottendorfer-Bahn ist mit dem Stande vom 31. 12. 1926 in der Zusammenstellung in Spalte e) ausgewiesen.

Schliefslich stehen derzeit den Österreichischen Bundesbahnen noch Postwagen, die Eigentum der österreichischen Postverwaltung sind, zur Verfügung. Die Anzahl dieser Wagen ist aus der Zusammenstellung in Spalte f) zu ersehen.

Der verfügbare Gesamtstand der Österreichischen Bundesbahnen ist aus der Zusammenstellung in Spalte g) ersichtlich.

Wie aus der vorstehend erläuterten Zusammensetzung des den Österreichischen Bundesbahnen gegenwärtig zur Verfügung stehenden Wagenparkes ersichtlich ist, ist derselbe sowohl hin-

sichtlich der Wagenbauart als auch hinsichtlich der Wagenreihen (Verwendungsreihen) sehr vielseitig. Diese Vielseitigkeit, welche durch Zusammendrängen von Wagen der verschiedensten Verwaltungen entstanden ist und den gegenwärtigen Verkehrs- und wirtschaftlichen Verhältnissen vielfach nicht mehr entspricht, erschwert den Wagenzuweisungs- und Wagenleitungsdienst und auch die Wagenerhaltung. Der Wagenpark der Österreichischen Bundesbahnen leidet aber nicht nur an der Überfülle von Wagenbauarten und Wagenreihen, sondern zeichnet sich, soweit die alten Wagenbauarten in Betracht kommen, auch durch hohes Alter aus. Auch diese Erscheinung wirkt sich bei der Wagenerhaltung ungünstig aus.

Die Österreichischen Bundesbahnen haben daher das Bestreben, über den natürlichen Abfall hinausgehend, im Rahmen der vorhandenen Mittel, eine Erneuerung des Wagenparkes vorzunehmen und die alten, in der Erhaltung unwirtschaftlichen Wagenbauarten auszuscheiden und durch neu zu beschaffende Wagen zu ersetzen. Gleichzeitig damit soll auch eine Verminderung der vorhandenen Wagenreihen herbeigeführt werden, so dafs bei den Österreichischen Bundesbahnen, abgesehen von Spezialwagen für besondere Zwecke und besondere Güter, künftig nur acht verschiedene Reihen bei den Neuanschaffungen in Betracht kommen sollen.

Diese acht verschiedene Reihen sind den gegenwärtigen Verkehrsbedürfnissen, den vorwiegend in Betracht kommenden Ausfuhrgütern und den wirtschaftlichen Verhältnissen in Österreich angepafst.

Die neu anzuschaffenden Wagen sollen aber nicht nur bezüglich der Wagenreihen den gegenwärtigen Bedürfnissen angepafst werden, sie sollen auch die Erhaltung erleichtern, weshalb auf eine Einheitsbauart (Einheitswagengruppe) übergegangen werden wird, welche mit der Zeit, nach Abfall der alten Wagengruppen, im Wagenpark der Österreichischen Bundesbahnen die vorherrschende sein soll.

Über die Nachprüfung von Brückentragwerken.

Von Ministerialrat Ing. **Roth**, Abteilungsvorstand der Generaldirektion der Österreichischen Bundesbahnen.

Oberbau und Brücken beeinflussen in bedeutendem Mafse die Leistungsfähigkeit einer Bahnlinie; durch jenen wird die obere Grenze des Achsdruckes, durch diese aufserdem noch das gröfste Metergewicht der Eisenbahnfahrzeuge festgelegt. Das äufserste noch vertretbare Mafs dieser Grenzwerte anzugeben und damit die Bewegungsfreiheit aller Betriebsmittel tunlichst zu erweitern, ist eine der vornehmsten Aufgaben des Fachbaudienstes.

Bei einer, als selbstverständlich vorauszusetzenden, einwandfreien Erhaltung gibt die rechnerische Nachprüfung das Mittel zur Lösung dieser Aufgabe an die Hand. Im Oberbaufachdienst ist der Umfang dieser Arbeit nicht allzu bedeutend. Anders im Brückendienste. Erfordert hier schon die Nachprüfung eines einzelnen Bauwerkes einen ziemlich grofsen Aufwand an Rechenarbeit, so ist auch die Anzahl der zu überprüfenden Tragwerke ungefähr gleich der Anzahl der überhaupt vorhandenen Brücken, da vollkommen gleichartige Überbauten nur in verschwindend geringer Zahl vorhanden sind. Bei den Österreichischen Bundesbahnen beträgt die Zahl der zu überprüfenden Tragwerke rund 10 000.

Aufser der baulichen Mannigfaltigkeit der Brücken zeigen aber auch noch ihre Berechnungsgrundlagen wesentliche Unterschiede. Für die ältesten, heute noch in der Bahn liegenden Tragwerke aus dem Zeitabschnitte von 1858 bis 1870 sind einheitliche Berechnungsgrundlagen nicht vorhanden. Erst die durch die Verordnung des k. k. Handelsministeriums vom 30. August 1870 in Geltung gesetzten Belastungsvorschriften waren als erste österreichische Brückenverordnung für alle Brückenbauten der nächsten 17 Jahre mafsgebend, bis das Jahr 1887 eine Neuregelung der amtlichen Bestimmungen brachte. Diese wurden durch die Brückenverordnung von 1904 abgelöst. Wiewohl seit diesem Jahre eine neue Verordnung nicht erschienen ist, werden doch die Brückenbauwerke der letzten Jahre gemäfs den vom Bundesministerium für Verkehrswesen im November 1921 hinausgegebenen Weisungen für Verkehrslasten berechnet, die dem N-Zug der Vorschriften für Eisenbauwerke (B. E.) der Deutschen Reichsbahn-Gesellschaft ungefähr entsprechen. Nachstehende Übersicht gibt einen Vergleich der wichtigsten Berechnungsvorschriften der drei genannten Verordnungen.

Für die Beurteilung der Tragfähigkeit der vor 1904 errichteten Überbauten schreibt die gegenwärtig in Kraft stehende Brückenverordnung eine Berechnungsart vor, die im wesentlichen mit der für neu zu erbauende Tragwerke übereinstimmt. Ein Vergleich der Verordnungsbestimmungen zeigt aber nun, dafs eine einfache Beziehung zwischen den Belastungsvorschriften nicht besteht und dafs daher der zunächst naheliegende Versuch, die Tragfähigkeit der den verschiedenen Verordnungen entsprechenden Überbauten durch Ermittlung von Verhältniszahlen auszudrücken, fehlschlagen mufs. Der Fall, dafs ältere Überbauten, nach den heutigen Anschauungen durchgerechnet, selbst für jene Belastungen nicht genügen, für die sie seinerzeit entworfen wurden, ist bei den in Gleiskrümmungen gelegenen Brücken die Regel. Daraus ergibt sich, dafs ohne eingehende Nachprüfung aller Brückenbauten ein klares Bild über ihre Tragfähigkeit nicht gewonnen werden kann und es entsteht die Frage, wie diese Nachrechnung durchzuführen ist, damit ihr dauernder Wert zukommt und eine spätere Wiederholung dieser umfangreichen Arbeit unnötig wird.

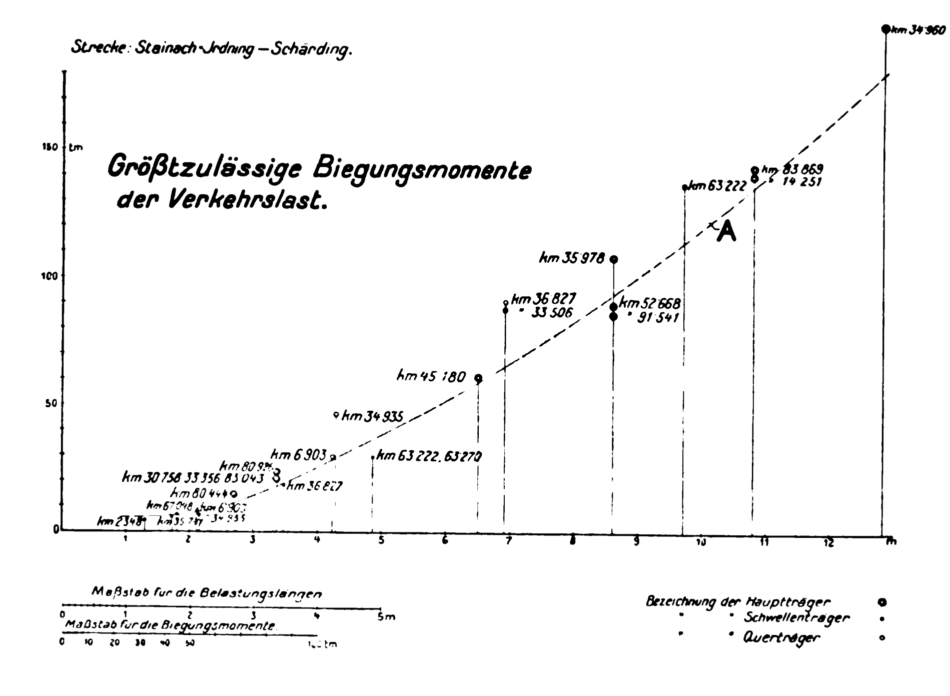
Eine Durchrechnung der Tragwerke unter Zugrundelegung eines Lastenzuges der »aus zwei der am ungünstigsten einwirkenden Lokomotiven der betreffenden Bahnlinie und einseitig angereihten schwersten Lastwagen« gebildet ist, wie dies die Verordnung von 1904 vorschreibt, führt aus zwei Gründen zu keinem befriedigenden Ergebnis. Erstens stellt der Begriff »ungünstigst einwirkende Lokomotiven der betreffenden Bahnlinie« keine unveränderliche Gröfse dar. Die auf einer bestimmten Linie verwendeten Lokomotivreihen wechseln aufserordentlich häufig und es müfste die Nachprüfung für eine grofse Anzahl von Belastungsfällen im vorhinein erfolgen, da bei eintretendem Bedarfe in der Regel nicht genügend Zeit zur Verfügung steht, um die Durchrechnung dann erst auszuführen. Zweitens gibt die Berücksichtigung »schwerster Lastwagen« keinen Aufschlufs über die Verkehrszulässigkeit von Sonderwagen namentlich ausländischer Herkunft. Auch diese häufig auftauchenden Anfragen erfordern eine rasche Erledigung, da sie meist erst gestellt werden, wenn der betreffende Wagen bereits im Übergangsbahnhof eingetroffen ist.

Zur Lösung dieser Aufgaben werden bei den Österreichischen Bundesbahnen zeichnerische Darstellungen verwendet, die für je eine bestimmte Strecke die nutzbaren Tragfähigkeiten aller wichtigen Bauteile der Brücken dieser Strecke wiedergeben. Diesen Darstellungen liegt der nachstehend entwickelte Gedanke zugrunde.

Bezeichnet X_q die Gesamttragfähigkeit eines Bauteiles, wie sie sich aus dem Querschnittswert dieses Teiles und der höchst zulässigen Baustoffinanspruchnahme ergibt, und wird hiervon X_g durch die Wirkung der ständigen Belastung aufgezehrt, so ist

$$X_p = X_q - X_g$$

1		2	3	4
		Räumliche Anordnung	Belastungsannahme (Verkehrslast)	Fliehkraft
I	Verordnung 1870	Keine Bestimmung	Stützweite 1 m . . . . 20 t/m Gleis[1] 2 „ . . . . 15 „ „ 5 „ . . . . 10 „ „ 20 „ . . . . 5 „ „ 30 „ und darüber 4 „ „ Für Zwischenwerte ist geradlinig einzuschalten	Die Verordnung enthält keinerlei Bestimmung hierüber
II	1887	Planumbreite 2 × 2,15 m Lichte Höhe 4,80 m	Tender 13 t 13 t 13 t 13 t 10 t 10 t 10 t 2,95 1,20 1,20 1,20 2,95 1,55 1,50 1,50 1,55 9,50 6,10 Wagen 8 t 8 t 2,00 3,00 2,00 7,00 3 Lokomotiven samt Tendern und angereihte Wagen[2])	Wie bei I
III	1904	Wie bei II	Norm I Tender 16 t 16 t 16 t 16 t 16 t 13 t 13 t 13 t 2,5 1,4 1,4 1,4 1,4 2,5 1,5 1,5 1,5 1,5 10,6 6,0 Wagen 11 t 11 t 1,5 3,0 1,5 6,0 2 Lokomotiven samt Tendern, einseitig angereihte Wagen[3])	Geschwindigkeit bis R = 200 m . . . 15 m/sec bei R = 350 „ . . . 20 „ „ R = 500 „ . . . 25 „ „ R = 700 „ u. w. 30 „ (Für Zwischenwerte ist geradlinig einzuschalten)



jene nutzbare Tragkraft des Baugliedes, die für die Wirkung der bewegten Lasten zur Verfügung bleibt. Die Gröfsen X können entweder Kräfte oder Momente darstellen. Für alle jene Bauglieder, welche als frei aufliegende Träger oder als Teile von solchen zu berechnen sind — und das ist die überwiegende Mehrheit aller in Betracht kommenden — stehen die Werte X in einfachster Beziehung zu den durch die Verkehrslasten hervorgerufenen Biegungs- oder Stützenmomenten. Es lassen sich also ohne weiters jene Werte der Biegungs- und Stützmomente, die der vollen Ausnützung des Baugliedes, d. i. X_p entsprechen, ermitteln und in ein rechtwinkliges Achsenkreuz derart eintragen, dafs der gefundene Wert X_p als Ordinate, die ihm entsprechende Belastungslänge als Abszisse erscheint. In der Abb. ist diese Darstellung, wie sie für die Brücken einer bestimmten Strecke entworfen wurde, wiedergegeben. Jedem Bauteile entspricht in dieser Darstellung ein Punkt, dem die Bezeichnung der kilometrischen Lage des Überbaues bei-

österreichischen Brückenverordnungen.

5 Wind	6 Seitenschwankungen	7 Zulässige Inanspruchnahmen (kg/cm²)	8 Anmerkung
Nicht in Rechnung zu stellen	Nicht in Rechnung zu stellen	Zug, Druck, Abscherung 800 kg/cm² Nieten 600 kg/cm²	[1]) Falls ungünstiger, Einzelachsen von 13 t.
170 kg/m² bei belasteter Brücke, 270 kg/m² bei unbelasteter Brücke. Höhe des Verkehrsrechteckes 2,5 m	Wie bei I	Zug, Druck und Abscherung (Schweifseisen) (Stützweite = l) l von 0— 40 m 700 + 2 l 40— 80 „ 720 + 1,5 l 80—120 „ 760 + l 120—160 „ 820 + 0,5 l über 160 „ 900 Nieten: Abscher. 600, Lochleibung 1400	[2]) Belastungsgleichwerte (t/m Gleis) (see table below)
Wie bei II, jedoch Höhe des Verkehrsrechteckes 3,0 m	5 v. H. der lotrechten Einwirkung der Lokomotivachsen	Für Flufseisen Zug, Druck Lediglich primäre Wirkungen (Kol. 3 u. 4): l von 0— 10 750 + 5 l 10— 20 760 + 4 l 20— 40 800 + 2 l 40—160 840 + l über 160 1000 Sämtliche Wirkungen (Kol. 3—6): 1200 kg/cm² Abscherung 600 | 700 Nieten: Abscher. 700 | Abscher. 800 Lochl. 1600 | Lochl. 1800	[3]) Kommen weniger als 5 Achsen zur Wirkung, ist die an ungünstigster Stelle wirksame von 16 auf 20 t zu erhöhen.

[2]) Belastungsgleichwerte (t/m Gleis)

für die Ber. der Biegungsmom.				für die Ber. der Stützmom.			
Stützw. 1,0 m	30 t/m	15 m	7,0 t/m	Stützw. 1,0 m	30 t/m	15 m	8,5 t/m
1,5 „	20 „	20 „	6,5 „	1,5 „	25 „	20 „	7,6 „
2,0 „	15 „	40 „	5,6 „	2,0 „	20 „	40 „	6,2 „
2,5 „	13,5 „	80 „	4,4 „	2,5 „	18 „	80 „	4,8 „
5,0 „	11,5 „	120 „	3,8 „	5,0 „	14 „	120 „	4,0 „
10,0 „	8,5 „	160 „	3,4 „	10,0 „	10 „	160 „	2,5 „

gegeben ist. Um das Bild in dem kleinen Mafsstabe, den die Wiedergabe erfordert, nicht unklar zu machen, ist nur ein Teil der Punkte eingetragen, die das Urbild dieser Darstellung wirklich enthält. Es handelt sich dabei um die vom Biegungsmoment abhängigen Bauteile (z. B. die Schwellen-, Quer- und Hauptträger bzw. Hauptträgergurte, die Querträgeranschlufsnieten sowie die Stofsdeckungen der Gurte) im Bereiche der Belastungslängen von 0 bis etwa 12 m; die weiteren Auftragungen, die naturgemäfs bis zur gröfsten auf der betreffenden Strecke vorkommenden Stützweite reichen, sind weggelassen. Eine entsprechende Darstellung ergibt sich auch für die vom Stützmomente abhängigen Tragwerksglieder, zu denen beispielsweise die Anschlufsnieten der Schwellenträger, die Füllungsstäbe gegliederter Hauptträger samt deren Anschlufsnieten usw. gehören.

Die Bestimmung der X-Werte ist eine einmalige Arbeit von dauerndem Werte, die dadurch erleichtert wird, dafs sie an Hand einer alle vorkommenden Fälle berücksichtigenden Musterberechnung und unter Anwendung von ein- für allemal bestimmten Tafelwerten erfolgt.

Soll nun die Verkehrszulässigkeit eines vorgelegten Lastenzuges festgestellt werden, so ist es blofs notwendig, die Linien der gröfsten Biegungs- oder Stützenmomente in entsprechendem Mafsstabe auf Pauspapier aufgetragen über die Darstellung der X-Werte zu legen. In der Abbildung ist A die Linie der gröfsten Biegungsmomente eines Lastenzuges. Die unter A liegenden Punkte bezeichnen sodann jene Bauteile, welche durch den fraglichen Lastenzug überanstrengt werden z. B. Hauptträger der Brücke km 52,668, Schwellenträger des Überbaues in km 63,222, während die über A liegenden Punkte Tragwerke betreffen, die keine Überbeanspruchung erfahren — z. B. Hauptträger der Brücke km 45,180. Auch die Gröfse der im einzelnen Falle etwa auftretenden Überschreitung der zulässigen Inanspruchnahme kann, da die Darstellung mafsstäblich ist, leicht und hinreichend genau ermittelt werden.

Die Beschränkung des dargelegten Verfahrens auf jene Fälle, in denen die Bauteile als frei aufliegende Träger aufzufassen sind, beeinträchtigt seine Brauchbarkeit nicht, da es Gewinn genug ist, gerade diese Fälle, die ihrer grofsen Zahl wegen den meisten Arbeitsaufwand erfordern würden, rasch erledigen zu können.

Die Auswechslung des eisernen Überbaues der Schönauer Eisenbahnbrücke in Steyr.

Von Ministerialrat Ing. **Roth**, Abteilungsvorstand der Generaldirektion der Österreichischen Bundesbahnen.

Eine Tragwerksauswechslung, die wegen der eigenartigen Schwierigkeiten, die dabei zu überwinden waren, erwähnt zu werden verdient, ist die im Januar 1927 durchgeführte Erneuerung des eisernen Überbaues in der Hauptöffnung der

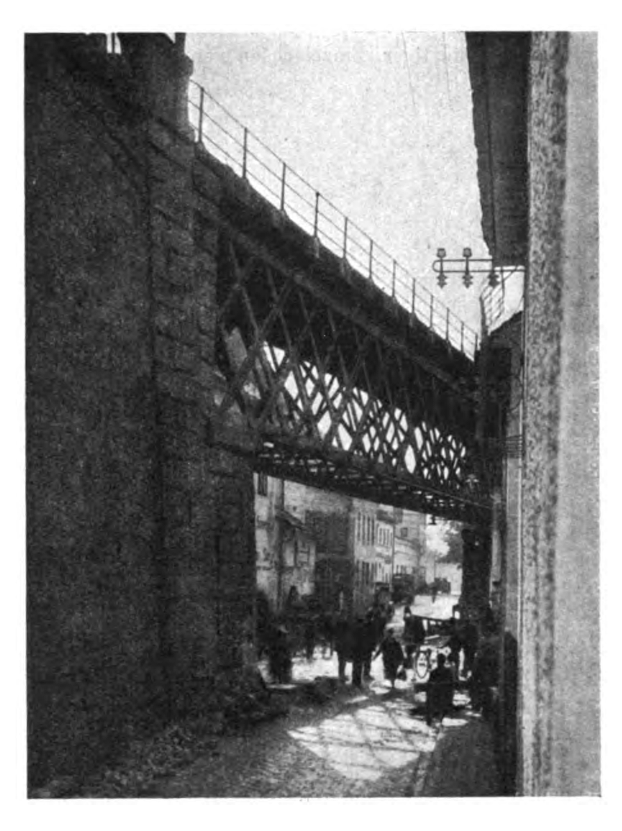


Abb. 1. Ansicht des alten Überbaues.

Eisenbahnbrücke in Schönau, km 20,925 der Bundesbahnstrecke St. Valentin—Kastenreith. Die Brücke, die aus einer Hauptöffnung von 40 m Weite und daran anschliefsenden sechs durch Bruchsteingewölbe überspannten Seitenöffnungen besteht, liegt am Südende des Bahnhofes Steyr im dicht verbauten Gebiete der Stadt. Abb. 1 gibt einen Begriff von der Beengtheit der Baustelle. Während die Hauskanten links der Bahn immerhin noch einen Abstand von etwa 3 m von der Tragwand einhalten, nähert sich der Giebel des in der Abbildung rechts sichtbaren Gebäudes bis auf 30 cm dem Brückengeländer. Die übersetzte Strafse — die seit Jahrhunderten als wichtiger Handelsweg bekannte Eisenstrafse — ist auch heute noch eine von Fahrzeugen aller Art stark in Anspruch genommene Hauptverkehrsader, deren Sperrung höchstens auf ganz kurze Zeit in Frage kommen konnte. Bezüglich des Bahnbetriebes lagen die Verhältnisse für die Bedürfnisse des Umbaues insofern günstig, als mit einer Verkehrssperre von drei bis vier Tagen Dauer gerechnet werden durfte. Die Möglichkeit einer solchen Sperre ergab sich aus dem Umstande, dafs für den Frachtenverkehr der Hilfsweg Linz—Selztal zur Verfügung steht, und dafs für die Reisenden unter Heranziehung von Kraftwagen ein Umsteigverkehr zwischen den beiden durch die Baustelle getrennten Bahnhöfen Steyr und Garsten eingerichtet werden konnte.

Auf diese örtlichen und Verkehrsverhältnisse war der Arbeitsplan aufzubauen. Der sonst allgemein übliche Vorgang des seitlichen Zusammenbaues und der Einschiebung des neuen Tragwerkes konnte des beengten Raumes wegen nicht angewendet werden. Von mehreren Vorschlägen kamen schliefslich zwei in engere Wahl. Nach dem einen wäre das bestehende Tragwerk schrittweise abzubrechen und durch Walzträgerhilfsbrücken auf hölzernen Stützen zu ersetzen gewesen, worauf der Einbau des neuen Tragwerkes unter schrittweiser Entfernung

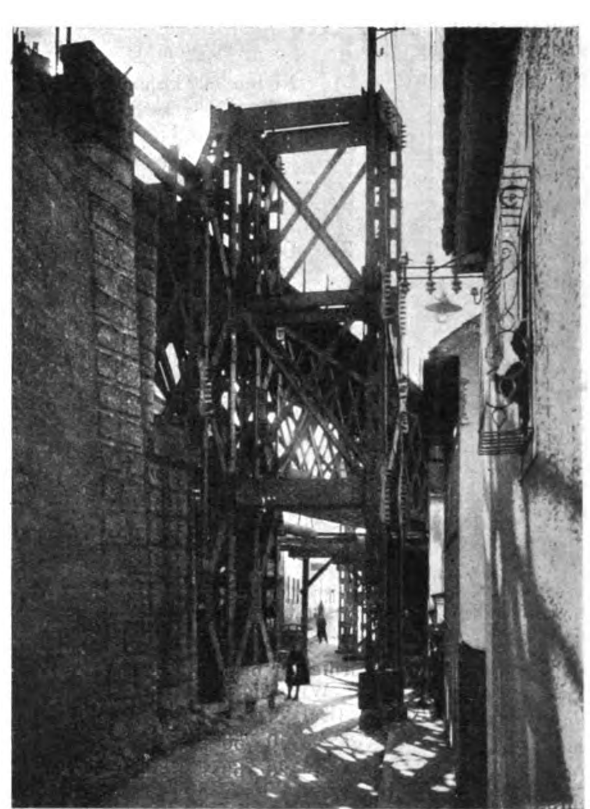


Abb. 2. Senkturm am nördlichen Widerlager.

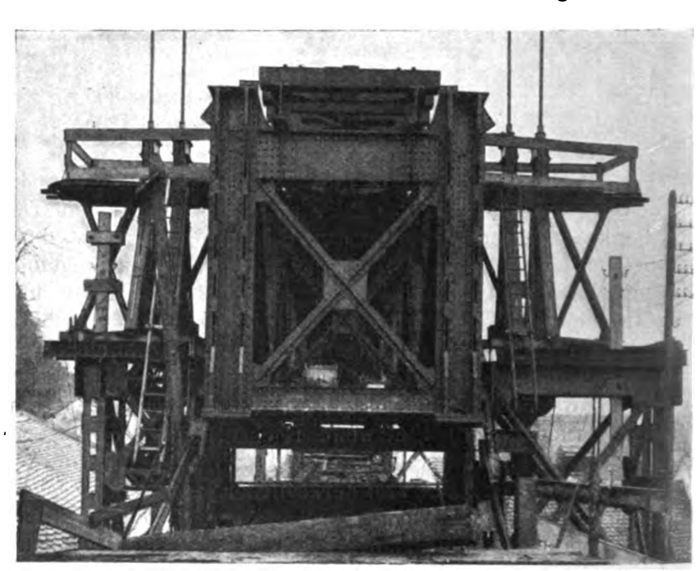


Abb. 3. Absenkvorrichtung.

der Hilfsbrücken hätte vor sich gehen können. Dieser Arbeitsvorgang wäre sogar ohne Anordnung einer Verkehrssperre möglich gewesen, hätte aber, infolge der vielfachen unvermeidlichen Arbeitsbehinderungen, die sich dabei ergeben mufsten, eine lange Bauzeit zur Folge gehabt. Es erschien daher zweckmäfsiger, sich für den anderen Vorschlag zu entscheiden,

nach welchem das abseits der Baustelle fertiggestellte neue Tragwerk über das bestehende hinweg eingefahren und nach Entfernung des alten Überbaues an dessen Stelle abgesenkt werden sollte.

In Durchführung dieses Planes wurde also zunächst der neue Überbau auf einem seitlich der Bahnhofsgleise verfügbaren Platze bis auf die Gehwegteile, die ihrer Ausladung wegen in der Folge behinderlich gewesen wären, zusammengestellt und vernietet. Wohl war diese Arbeitsstelle von der Brückenstelle etwa 200 m entfernt, bot aber den Vorteil, dafs alle Bauglieder bequem zugebracht werden konnten, ohne den Verkehr am Bahnhofe zu behindern. Inzwischen waren auch zu beiden Seiten jedes Widerlagers eiserne Turmgerüste aufgestellt worden, die völlig aus Teilen der Roth-Waagnerschen, zerlegbaren Eisenbahnbrücke bestanden. Den örtlichen Verhältnissen entsprechend ergab sich für jeden der Türme eine andere Bauform; so mufste der rechte Turm am nördlichen Widerlager dem Strafsenverkehr freien Durchzug gestatten (siehe Abb. 2) während der linke eine dem öffentlichen Verkehr dienende Abgangstreppe zu berücksichtigen hatte. Auf diesen Eisengerüsten fanden in starken Böcken gelagerte Hebespindeln Platz, durch welche mittels kräftiger Seilflaschenzüge an jedem Widerlager ein Querhaupt abgesenkt werden konnte. Abb. 3 zeigt diese Anordnung am nördlichen Widerlager.

Nach seiner Fertigstellung wurde der neue Überbau zunächst quer zu den Bahnhofgleisen so weit verschoben, bis er in die Achse des Ausfahrgleises und damit auch in die Verlängerung der Brückenachse zu liegen kam. Die Querverschiebung des Tragwerkes erforderte noch keine Verkehrssperre, lediglich die Benützung der Bahnhofsgleise mufste besonders geregelt werden. Nach Absetzen des Tragwerkes konnte sodann die Verschubbahn zur Längsverschiebung vorgelegt werden. Wie aus Abb. 4 ersichtlich, war das Verschubbahngleis vermittels kurzer Schienen, die als Querschwellen dienten, auf dem laufenden Bahnhofoberbau verlegt. Diese Anordnung ermöglichte es auch, die Verschubbahn über die Weichen zu führen, ohne dafs es notwendig geworden wäre, an den Gleisanlagen irgend welche Änderungen vorzunehmen. Trotz der grofsen Drücke der Verschubwagen zeigte der allerdings kurz vorher gut unterstopfte Oberbau keinerlei Verformung. Die Längsverschiebung über die im Brückenbau wohl ungewöhnliche Länge von 200 m erfolgte unter Verwendung von Seilflaschenzügen und entsprechend verankerten Bauwinden. Die Endstellung des neuen Überbaues (Abb. 5 und 6) wurde nach rund 15 stündiger Arbeit erreicht.

Jetzt konnte das Tragwerk durch die Spindelwinden von den Verschubwagen abgehoben werden. Das damit vollkommen entlastete alte Tragwerk wurde sodann, nachdem es auf das unterbaute Holzgerüst abgestützt worden war, mit Sauerstoffbrennern zerteilt und die einzelnen Teile, des raschen Arbeitsfortganges wegen, auf die für den Verkehr nun gesperrte Strafse abgelassen. In 26 Stunden war der alte Überbau beseitigt.

Den letzten Bauabschnitt bildete die Absenkung des neuen Tragwerkes um 6,40 m. Diese Senkung erfolgte in acht Stufen zu je 0,80 m, den Nutzlängen der Spindelwinden entsprechend. Gleichzeitig wurden die Räumungsarbeiten auf der Eisenstrafse durchgeführt. Das Absenken und Lagern des

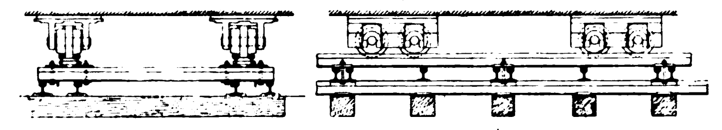


Abb. 4. Verschubbahn.

Überbaues, das Verlegen und Anschliessen des Oberbaues und die Erprobung der Brücke hatten 30 Stunden in Anspruch genommen. Hiermit war die Auswechslung durchgeführt und die Brücke konnte dem Verkehr übergeben werden.

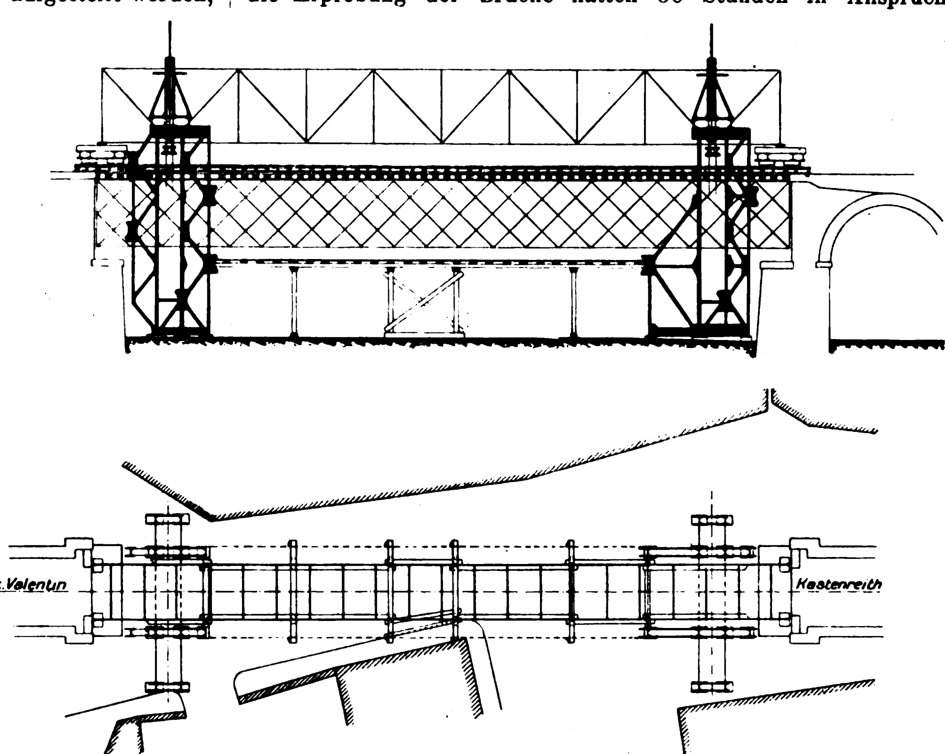


Abb. 5. Anordnung der Hebetürme.

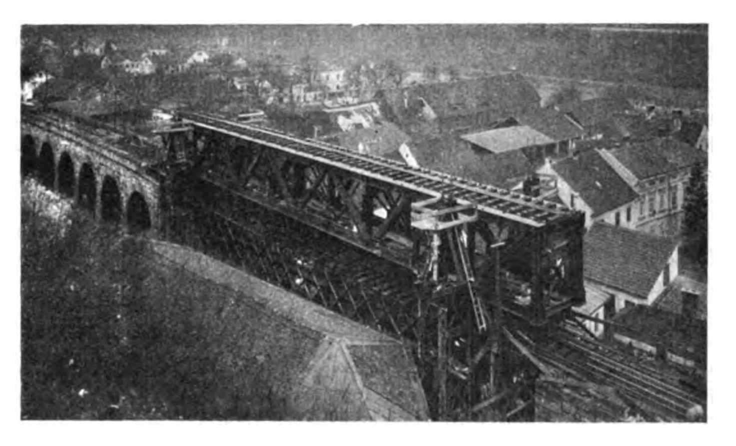


Abb. 6. Stand der Arbeit nach Längsverschiebung des neuen Überbaues.

Die Auswechslungsarbeiten sind unter Leitung der Bundesbahndirektion Linz durch die Brückenbauanstalt Waagner-Biró A. G. in Wien mit vollem Gelingen durchgeführt worden.

Der Bau des Hochstrafstunnels der Eisenbahnlinie Friedberg—Pinkafeld.

Von Oberbaurat Ing. Schmidt, Vorstand der Trassierungsabteilung für das Burgenland.

Hierzu Tafel 44 und 45.

Die Fortschritte des Eisenbahnwesens finden ihren sinnfälligsten Ausdruck in der erstaunlichen Vervollkommnung aller Betriebsmittel und Betriebseinrichtungen. Demgemäfs richtet sich auch, wenn von Fortschritten des Eisenbahnwesens die Rede ist, das Interesse vorwiegend auf die Mittel der Betriebsführung. Aber auch in der Anlage und der Baudurchführung unserer Reibungsbahnen hat sich in der 100jährigen Zeitspanne ihres Werdegangs eine grofsartige Entwicklung und Vertiefung vollzogen, die sich immer mehr dem Ziele nähert, mit dem geringsten Aufwande die volkswirtschaftlich günstigste Linie zu finden und auszuführen. Diese Entwicklung ist einer Kette vergleichbar, deren Glieder aus aneinander gereihten gesteigerten Erfahrungen bestehen, so dafs die Veröffentlichung des Vorgangs und der Ergebnisse bemerkenswerter Bauten für die Entwicklung des Bauwesens immer von Bedeutung ist.

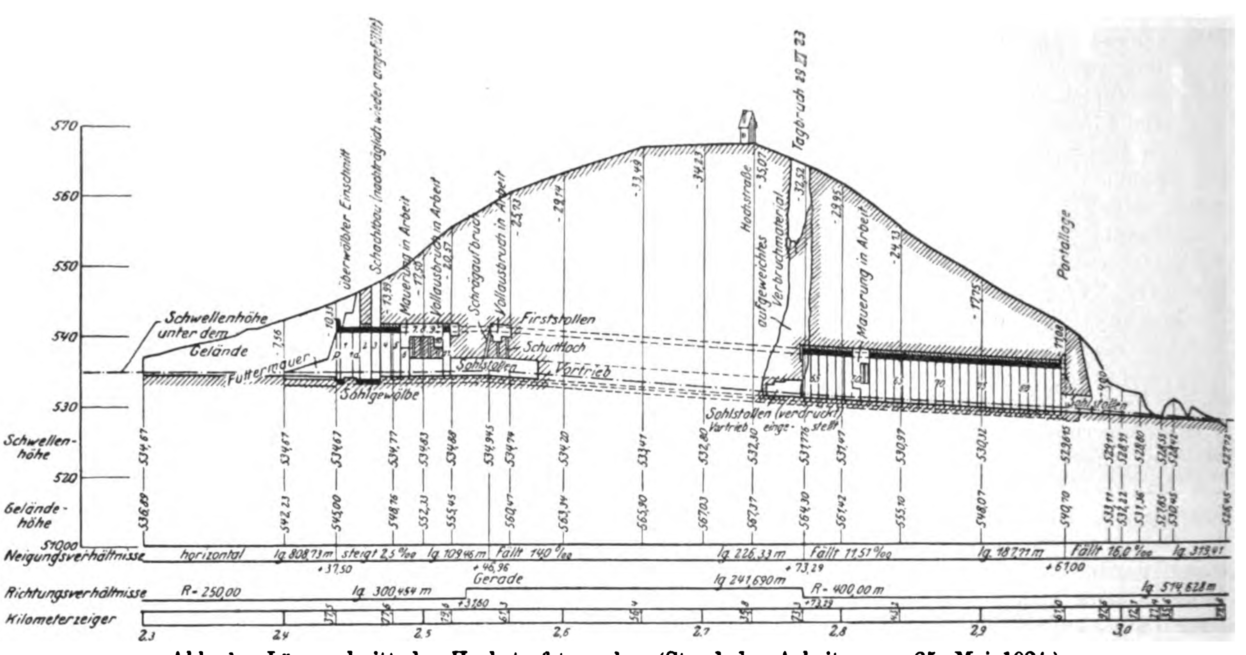


Abb. 1. Längsschnitt des Hochstrafstunnels. (Stand der Arbeiten am 25. Mai 1924.)

Auch mit der folgenden kurzen Baugeschichte des Hochstrafstunnels sollen einige Erfahrungen aus dem Gebiete des Tunnelbaues vermittelt werden, die für manche Verhältnisse verwertbar sein werden.

Der 523,5 m lange Hochstrafstunnel liegt im Zuge der 15,6 km langen Lokalbahn von Friedberg in Steiermark nach Pinkafeld im Burgenlande. Diese Linie wurde, nachdem auf Grund des Friedensschlusses von St. Germain das Burgenland an Österreich angegliedert worden war, in Angriff genommen und am 15. November 1925 dem Verkehr übergeben. Dieser Bahnbau wurde vom Österreichischen Bundesministerium für Handel und Verkehr geleitet, die örtliche Führung war der Bundeseisenbahnbauleitung Friedberg übertragen.

Die Bahnlinie führt durch die dem Wechselgebirge vorgelagerten Hügelzüge, die aus Ablagerungen der jüngeren Tertiärzeit bestehen und zwar durch die sogenannten Sinnersdorfer, die Friedberger und die pontischen Schichten. Der Hochstrafstunnel selbst liegt in den Friedberger Schichten.

Dr. Artur Winkler, Privatdozent der Universität Wien und Sektionsgeologe der Österreichischen Geologischen Bundesanstalt, hat uns auf Grund der von ihm während des Tunnelbaues beobachteten Aufschliefsungen folgende Darlegungen zur Verfügung gestellt.

»Im Hochstrafstunnel zeigten sich zwei voneinander sehr abweichend ausgebildete Partien der Friedberger Schichten. Die Westhälfte der Tunnelstrecke bis auf 257 m vom Eingangsportal lag in einem groben Schotterkomplex, welcher hauptsächlich aus einer fest zusammenbackenden Geröllmasse bestand, welche gefährliche Sandlinsen enthielt, während die Osthälfte in Tegeln und sandigen Tegeln verlief. Ein bedeutender Verwurf (Bruch) mit steil östlicher Neigung trennt die beiden Komplexe. Der Tegel erwies sich als deutlich geschichtet, war aber ziemlich homogen und enthielt Einschaltungen kohliger Tegels mit kleinen Lignitschmitzen.

An mehreren Stellen wurden Fossilien zu Tage gefördert, worunter ich Meeresmuscheln der Gattung Psammobia bestimmte, während die ebenfalls aufgefundenen Knochenreste nach Dr. K. Ehrenberg einem Nashorn, einem Hirsch und wahrscheinlich einem Löwen angehören. Dazu kommt noch der Fund eines Meeressäugers, einer Sirene. Schichtcharakter und Fossilinhalt zeigen an, dafs die Friedberger Schichten an der in der Nähe der Mündung von Gebirgsflüssen in das damalige den Wechselflufs bespülende Mittelmeer entstanden sind. Die Tegel, die im Tunnel angefahren wurden, sind jedenfalls einer küstennahe Lagunenbildung.«

»Die geologischen Verhältnisse der Friedberg—Pinkafelder Bahn zeigen an, wie hier in ihrem Bereiche mächtige Schuttablagerungen von den östlichen Zentralalpen her in der Mächtigkeit einiger hundert Meter übereinander gestapelt wurden, von Wildbächen und Flüssen am Deltagrund des Meeres abgesetzt, um später von den gebirgsbildenden Gewalten in die Höhe gehoben, an Brüchen zerstückelt und schräg gestellt zu werden. Hierdurch ist das mannigfaltige Schichtbild entstanden, das besonders im Tunnelbau unter dem Einflufs ungünstiger Wasserverhältnisse an das Geschick der Ingenieure so große Anforderungen gestellt hat.«

Der Hochstrafstunnel war ursprünglich auf die ganze Länge im Gefälle von $10\,^0/_{00}$ geplant. Dabei war beabsichtigt, den Sohlstollen von der Ostseite in der Steigung bis nahe an das Portal der Westseite vorzutreiben. Die aus Textabb. 1 ersichtliche Steigung von $2{,}5\,^0/_{00}$ auf der Westseite wurde während des Baues aus Gründen der Entwässerung eingeschaltet.

Der Sohlstollen wurde auf der Ostseite (Tunnelausg[illegible]

am 21. September 1922 angeschlagen. Der Vortrieb verlief bis zum 9. Januar 1923 auf eine Länge von 210 m ohne Zwischenfälle, und zwar in dem oben geschilderten kompakten Tegel, der durch zwei ebenfalls gegen Osten steil abfallende, aber an den Bruchstellen durchwegs trockene Verwerfungen gestört war. Bei dreischichtigem Betrieb wurde ein mittlerer Tagesfortschritt von 2,4 m und eine durch fünf Wochen anhaltende Höchstleistung von täglich 3,1 bis 3,6 m erzielt. Das Stollenprofil hatte folgende Lichtmafse: Sohlenbreite 2,5 m, Firstbreite 2,1 m, Höhe 2,2 m, kleiner Entwässerungskanal, Vortriebsquerschnitt 7,8 m².

Die Lösung des Gebirges wurde zunächst mit der Haue begonnen, doch war der Tegel im Innern derart fest, dafs mit Brech- und Grabarbeit allein auch im Gedinge ein nennenswerter Fortschritt nicht zu erzielen war, weshalb zur Anwendung von Sprengmitteln geschritten wurde. Dr. Ing. Randzio, Privatdozent an der technischen Hochschule in Berlin, hat in einer Abhandlung*) über neue Stollenbauten die ihm von uns mitgeteilten Zahlen der Sprengarbeit im Tegel (Ostseite) und im festen konglomeratartig gebundenen Schotter (Westseite) veröffentlicht, die nachstehend wiederholt seien. Es wurde von Hand mit Spiralbohrer und mit Schlägel und Eisen gebohrt, bei jedem Angriff im Vortriebsquerschnitt von 7,8 m², 10 bis 18 Löcher von 1,1 bis 1,2 m Länge und 35 bis 40 mm Durchmesser. Zum Sprengen wurde Astralit verwendet, etwa 0,20 bis 0,28 kg für ein m³ Ausbruch, im sehr festen konglomeratartig gebundenen Schotter bei 7,7 m² Querschnitt 0,38 kg Dynamon für ein m³ Ausbruch, dazu für jedes Bohrloch rund 1 m Zündschnur und eine Sprengkapsel.

Nach dem geschilderten befriedigenden Fortschritt wurde am 9. Januar 1923, wie aus vorstehender Textabb. 2 ersichtlich ist, eine wasserführende und auch vollständig mit Wasser gesättigte Sandschicht an der Stollendecke angefahren. Es erfolgte ein äufserst heftiger Wassereinbruch, der den Stollen auf eine Länge von 7,0 m bis auf halbe Brusthöhe durch mitgerissenen Tegelschlamm verlandete. Die Wassereinbrüche wiederholten sich nahezu täglich während der Arbeiten in den nächsten Monaten aus den kleinsten Öffnungen an der Brust und zwischen den Keilen der Verpfählung und waren während der Schneeschmelze, die sich bei der geringen Überlagerung sehr bemerkbar machte, derart heftig, dafs z. B. am 4. März 1923 die Laufbretter vor Brust 200 m weit gegen das Stollenmundloch geschwemmt und der Stollen auf eine Länge von 30 m mit Tegelschlamm verlandet wurde. Die Folgen waren ausgeschwemmte und auf die Stollendecke nachbrechende Höhlungen im Gebirge, wodurch ein derart bedeutender Druck auf die Zimmerung ausgeübt wurde, dafs auch Kappen von 35 cm Durchmesser, deren Biegungswiderstand allerdings durch die vollständige Durchfeuchtung gelitten hatte, gebrochen sind. Zugleich machte sich auch die Durchweichung und Ausschwemmung an der Sohle unangenehm fühlbar, in deren Folge zahlreiche Brüche der Sohlschwellen zu verzeichnen waren. Es wurde mit der gröfsten Geduld und Zähigkeit versucht, den Stollen bergmännisch vorzubringen, aber es war in dem aufgeweichten, schlammartigen Tegel jener Grenzfall eingetreten, den Rziha in seinem Lehrbuche der Tunnelbaukunst, auch bei gröfster Sachkenntnis, Zähigkeit und Opferfreudigkeit der Bergleute als unüberwindlich bezeichnet hat. Rziha bezieht sich dabei auf die in den oberschlesischen Bergwerken gefürchtete Bodenart »Kurzawka«, der das im Hochstrafstunnel angefahrene Gebirge sehr ähnlich ist.

Der ständige Wasserablauf aus dem Tunnel wurde nach seiner Fertigstellung wiederholt mit zwei bis drei Sekundenlitern gemessen, einer bei standfestem Gebirge ganz belanglosen Wassermenge, die aber in dem löslichen, sandigen Tegel von verhängnisvoller Wirkung war. Zudem war der Abflufs des in den wasserführenden Schichten aufgespeicherten und in den Schwemmhöhlen angesammelten Wassers unvergleichlich gröfser und heftiger und erfolgte unter Druck in armdicken Strahlen.

Vom ersten Wassereinbruche an wurde der Stollen noch auf eine Länge von 6,2 m vorgetrieben; aber der jeweils erzielte Vortrieb wurde wieder abgelöst von unsagbar mühevollen Wiederherstellungsarbeiten des rückwärts gelegenen Stollenteiles, wobei erwähnt sei, dafs der Stollen vor Brust auf eine Länge von rund 10 m drei- bis viermal erneuert werden mufste.

Als Folge der gewaltigen Ausschwemmungen im Gebirge stürzte das Gelände am 29. Juni 1923 an der in Textabb. 1 ersichtlichen Stelle in Form eines Trichters von 10 m mittlerem Durchmesser und 7 m Tiefe ein (Pingenbildung). Die Pinge wurde mit einem Flugdach abgedeckt und zur Abhaltung von Tagwässern mit Abzuggräben umgeben. Das an der Sohle sich ansammelnde Tropf- und Sickerwasser wurde ausgepumpt.

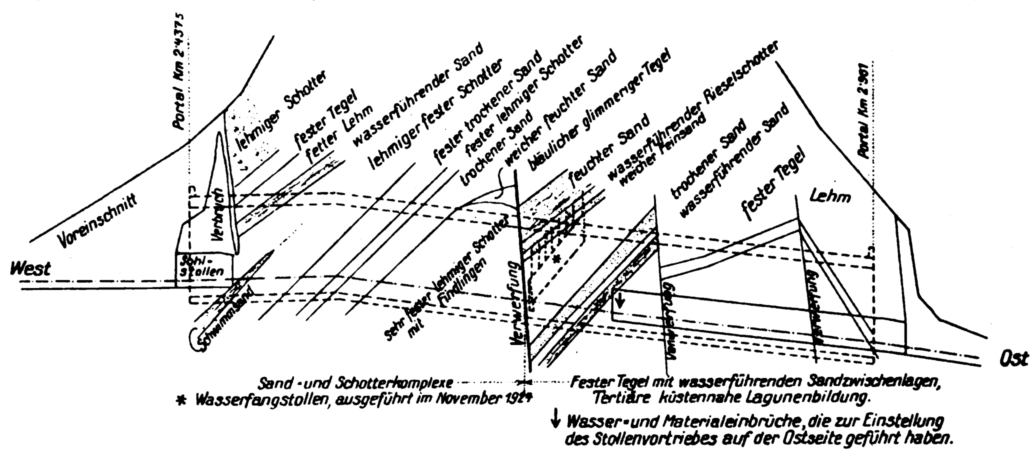


Abb. 2. Geologischer Längsschnitt durch den Hochstrafsrücken. Längen 1 : 6000, Höhen 1 : 600.

Dr. Artur Winkler kennzeichnet die durch das Gebirge gegebenen, vorstehend geschilderten Schwierigkeiten auf der Ostseite des Stollens in seinem uns überlassenen Schriftsatze folgendermafsen:

»Hier verlief der Tunnel in einer mächtigen, kompakten Tegelmasse, die sich in trockenem Zustande beim Vortrieb als standfestes Material erwies. Als man sich aber der Tunnelmitte näherte, stellten sich stärkere Durchfeuchtungen im Tegel ein, welche ihn plastisch und beweglich machten. Man rückte hier jener Stelle nahe, an welcher ein bedeutender Verwurf das Absinken der aus Tegelschichten gebildeten östlichen Berghälfte gegenüber der westlichen bewirkt hatte.«

»Aufserdem schaltet sich hier gegen die Tunnelmitte zu eine Rieselschotterlage mit nufsgrofsen Geröllen in den Tegel ein, welche sich als stark wasserführend erwies. Da diese Schicht geneigt war (gegen Osten ansteigend), so ermöglichte sich das Eindringen der Oberflächenwasser und damit eine dauernde Durchfeuchtung der Tegel, die zu deren plastischer Umformung führte. Die auf diese Weise vorbereiteten Tegel erzeugten beim Vortrieb des Sohlstollens am 29. Juni 1923 den Einbruch, der sich obertags in einer grofsen Pinge ausprägte.«

Der bergmännische Vortrieb des Sohlenstollens wurde auf der Ostseite am 18. Juli 1923 nach gründlicher Sicherung des Erreichten eingestellt. Da auch der mittlerweile auf der Westseite (Tunneleingang) begonnene Stollenvortrieb grofsen Schwierig-

*) Die Bautechnik, 1925.

keiten begegnete, war es geboten, nichts unversucht zu lassen, um den Vortrieb auf der Ostseite doch noch flott zu machen. Die zu diesem Zwecke unternommenen Versuche sind in Textabb. 3 angedeutet. Um den am stärksten gefährdeten Bereich an der Brust zu sichern, wurde zunächst an die Ausführung eines einfachen, aber standfesten eisernen Stollenschildes geschritten, der in einem durch Überfirstung im Stollen hergerichteten Montierungsraume aufgestellt wurde. Der Schild bestand aus einer aus Walzeisen und einer Blechhaut gebildeten Schildschneide und einem 0,80 m nach rückwärts reichenden Blechmantel, in welchem nach jeweiligem Vortrieb von 25 cm ein neues gezimmertes Geviere von 1,1 m oberer, 1,8 m unterer Lichtweite und 1,9 m lichter Höhe eingebaut wurde, so dafs eine Stollenzimmerung von aneinandergereihten Gevieren (Mann an Mann) entstand. Zur Stützung des Vortriebs war ein 2,1 m langer Betonkörper in den Stollen eingebaut worden, wie aus Textabb. 3 ersichtlich ist.

Der Vortrieb wurde zunächst durch vier Schraubengetriebe und, da sich diese Antriebskraft als zu gering erwies, sodann mit vier hydraulischen Pressen von je 50 t nutzbaren Druckes bewerkstelligt, die zwischen Schild und einer an das zuletzt eingebaute Geviere angelegten Eisenplatte eingespannt wurden. Durch diesen Stollenschild war wohl die volle Sicherheit für die Belegmannschaft vor Brust erreicht, bei der sich angesichts der während der bergmännischen Arbeiten eingetretenen äufserst gefährlichen und die Gesundheit beeinträchtigenden Erschwernisse eine gewisse Mutlosigkeit eingestellt hatte; aber die mit diesem Schild erzielten Erfolge müssen als unbefriedigend bezeichnet werden. Der Ausbildung des Stollenschildes lag der Gedanke zugrunde, den durch das Vorschieben des Schildes nach rückwärts geprefsten Tegelbrei aus neun Brustklappen, die am stollenseitigen Ende der schrägen Schildschneide angebracht waren, zu gewinnen. Die schlammartige Beschaffenheit des Tegels war wohl nahezu über die gesamte Vortriebsfläche, von oben nach unten an Dichte zunehmend, verbreitet, aber besonders an der Stollensohle blieben doch feste Tegelkerne unverändert bestehen, so dafs das Einpressen des Schildes grofsem Widerstande begegnete, wobei es sich noch als nachteilig erwiesen hat, dafs durch das elastische Nachgeben der bereits aufgestellten hölzernen Geviere ein Teil der aufgewendeten Antriebskraft verloren ging. Um den Widerstand zu verringern, wurden die erwähnten Klappen aufgegeben und etwa auf die Länge des jeweiligen Vortriebs die Brust bergmännisch abgenommen, der Verzug derselben nach rückwärts abgestützt und der Schild vorgeschoben. Trotz der anfänglich verwendeten Klappen und der später beim Abbau der Brust beobachteten äufsersten Vorsicht haben zahlreiche, während des Schildvortriebs erfolgte Wassereinbrüche ganz beträchtliche Erdmassen in den Stollen geschwemmt, z. B. im Januar 1924 etwa 100 m³. Es wurden auch Versuche unternommen, das Wasser vor dem Schilde zum Abflufs zu bringen, und zwar durch Bohren von Löchern in die Stollendecke, Sondieren mit bis zu 3 m langen, gekuppelten Bohrern von der Stollendecke nach aufwärts und Eintreiben von 5 cm weiten, am Umfange gelochten Eisenröhren. Diese Versuche zeitigten jedoch leider entweder gar keinen oder nur einen vorübergehenden Erfolg, weil sich die erhaltenen Abflufsöffnungen in den klebrigen Erdmassen immer schon nach kurzer Zeit verlegten. Da sich der geschilderte Stollenschild somit nicht als geeignet erwiesen hat, den Verbruch im Gebirge zu überholen, wurde diese Vortriebsart am 30. Januar 1924 eingestellt.

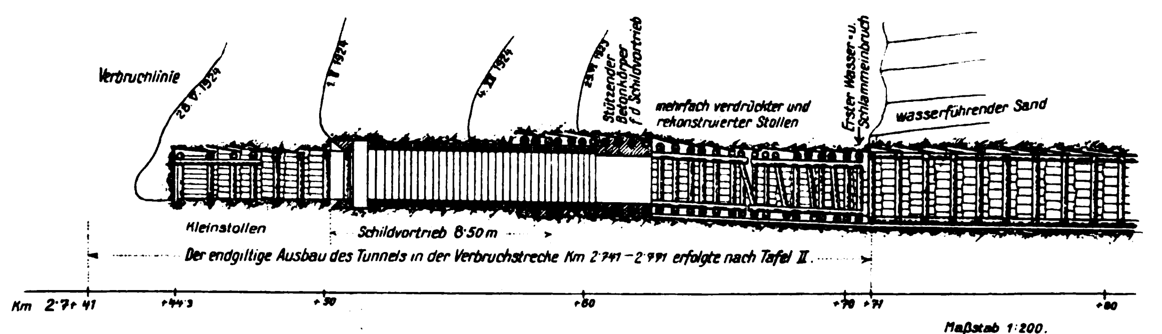


Abb. 3. Vortrieb des Sohlstollens auf der Ostseite vor dessen Einstellung. Mafsstab 1 : 300.

Es ist eine alte Erfahrung, dafs sich das Ausweiten und Überfirsten kleiner Stollen leichter durchführen läfst als der Vortrieb eines gröfseren Querschnitts. Aus diesem Grunde wurde noch der Versuch unternommen, vom Schilde aus einen kleineren Stollen vorzutreiben, dessen Decke unter der Schildschneide ansetzte, wobei auch erwartet wurde, dafs bei vorsichtigem Vortriebe und Offenhalten des Wasserablaufs an der oberen Schildschneide die Brust des Kleinstollens wasserfrei bleiben würde. Diese Erwartung traf leider nur in den ersten vier Metern des Vortriebs zu. Da sodann jedoch über den Deckenpfosten des Brustgevieres ein heftiger, Schwimmsand führender Wassereinbruch erfolgte, wurde auch der Vortrieb des Kleinstollens am 23. Februar 1924 eingestellt. Im Mai 1924 wurde nochmals versucht, den Kleinstollenvortrieb wieder aufzunehmen. Doch traf die Annahme, dafs sich die Verbruchsmassen über der Decke während der langen Arbeitspause genügend wiederverfestigt haben, nicht zu. Es trat ein grofser Deckendruck auf, die letzten Geviere wurden bis 0,20 m in die Sohle geprefst, so dafs der Vortrieb am 28. Mai 1924 auf der Ostseite endgültig eingestellt wurde; dieser Entschlufs wurde erleichtert durch den mittlerweile errungenen günstigeren Vortrieb von der Westseite aus, der den Durchschlag des Stollens von dieser Seite her erwarten liefs.

Angesichts der geschilderten, im Sohlstollen auf der Ostseite seit 9. Januar 1923 eingetretenen Stockung wurde am 30. Januar 1923 der Stollen auf der Westseite angeschlagen, um bei günstigerem Fortschritte auf dieser Seite den Vortrieb auf der Ostseite, der nach vorstehenden Darlegungen trotz aller Bemühungen nicht wesentlich vorwärts gebracht werden konnte, einstellen zu können. Aber schon in der ersten Woche traten auch auf der Westseite ähnliche Schwierigkeiten auf. Das zu durchörternde Gebirge bestand hier aus gelbbraunem Lehm mit Schottereinlagen, unterbrochen von einer wasserführenden Sandschicht. Wenn auch der Wassergehalt dieser Schichten geringer war als auf der Ostseite, so trat hier als besonders erschwerend der Einflufs der Tagwässer hinzu, namentlich der durch die bedeutenden Niederschläge im März 1923 rasch herbeigeführten Schneeschmelze. Der gesamte, den Stollen überlagernde Lehmboden wurde stark durchnäfst und breiartig erweicht, wodurch der Deckendruck ganz bedeutend erhöht wurde. Da überdies, wie aus Textabb. 2 und Taf. 44 ersichtlich ist, an der Stollensohle eine unter dem grofsen Druck aufquellende Schwimmsandschicht auftrat, kam es zum Einsinken der Geviere bis zu 0,70 m und zur Bildung einer Verbruchspalte von der Brust des Stollens bis über Tag. Auch hier waren langwierige Wiederherstellungsarbeiten des erreichten Stollenvortriebs erforderlich. Es wurde eine vollkommene Verpfählung auch an der Sohle durchgeführt, aber es mufste auch hier leider die Überzeugung gewonnen werden, dafs das Überholen des Verbruchs mit bergmännischem Vortrieb nicht zu erzielen war. Daher wurde der Stollenvortrieb auf der

Westseite am 29. Juli 1923 aufgegeben und der im folgenden beschriebene und auf Taf. 44 dargestellte Arbeitsvorgang eingeleitet, der mit vollem Erfolg zur Überwindung des Verbruches und zur Erreichung einer gesunden unverbrochenen Stollenbrust geführt hat, von wo dann der bergmännische Vortrieb des Stollens erfolgreich wieder aufgenommen werden konnte.

Zunächst wurde der in Taf. 44 ersichtliche Tunnelring 1 a in einer Entfernung von 21,7 m vom Stollenmundloch (12,0 m hinter dem endgültigen Tunnelportale) in einem von Tag aus hergestellten Schacht vom lichten Querschnitt 5,0/8,0 m offen aufgemauert und noch während der Widerlagermauerung dieses Ringes der gleichfalls in der Taf. 44 dargestellte Schacht für Ring 3 (Querschnitt 7,0/8,0 m) in Angriff genommen, so dafs während des Abteufens dieses Schachtes die fertiggestellte Mauerung des Ringes 1 a die Abfangung des bergseitigen Druckes übernommen und eine Verdrückung der Schachtzimmerung des Ringes 3 im Sinne dieses Druckes verhindert hat. Die tunnelseitige Wand dieses Schachtes war so angeordnet, dafs sie den tiefsten Punkt der Verbruchspalte erreicht hat. Die Widerlager des Ringes 3 wurden nach der Aufmauerung sofort durch Einziehung eines Sohlgewölbes gesichert. Aus den beim Abtrieb des Schachtes für Ring 3 und aus mehreren vorangegangenen Tiefbohrungen und Untersuchungen erhaltenen Aufschlüssen über die Beschaffenheit des Gebirges wurde die Sicherheit gewonnen, dafs dieses für einen Firststollenvortrieb und auch in der Kämpferhöhe der Gewölbe, in den nächstfolgenden Tunnelringen 4 und 5 (siehe Taf. 44) nicht ungünstig war, dafs weiters der Schachtabtrieb auch eine weitgehende Entwässerung der in der oberen Tunnelhälfte vorhandenen wasserführenden Sandschicht zur Folge hatte und dafs die Schwimmsandschicht an der Tunnelsohle in den beiden vorgenannten Ringen eine zwar nach Osten ansteigende Richtung zeigte, aber immerhin an der Sohle des Ringes 4 noch vorhanden war, so dafs es nicht ratsam erschien, diesen Ring nach der österreichischen Bauweise auszuführen.

Es wurde daher im Ring 4 zunächst der Firststollen vorgetrieben und von diesem nach abwärts bis zur Sohle ein Sohlschlitz ausgehoben, dessen Langhölzer mit den entsprechend starken und abgestützten Kronbalken des Firststollens durch Zugschrauben verhängt waren (siehe Taf. 44, Schnitt b). Sodann wurde zunächst die Kalotte in der ganzen Ringlänge von 7,5 m ausgebrochen und die Mauerung derselben in Bruchstein mit einem 0,5 m starken Kämpfer in Beton ausgeführt, wonach die Widerlager nicht in der Gesamtlänge von 7,50 m, sondern in je drei Teilen in Form von Querschlägen unter Beobachtung der gröfsten Vorsicht ausgebrochen und pfeilerartig aufgemauert wurden. Während dieser Arbeit ist eine nennenswerte Setzung des Gewölbes nicht eingetreten, wiewohl das Gebirge am Kämpfer der für eine belgische Bauweise, der die dargelegte Ausführungsart sehr verwandt ist, im allgemeinen verlangten Beschaffenheit nicht vollkommen entsprochen hat.

Auch für Ring 5 wurde der geschilderte Sohlschlitz ausgeführt, wobei am Ende desselben entsprechend den gehegten Erwartungen ein Ausstreichen der Schwimmsandschichte über der Sohle und eine genügende Festigkeit der letzteren für einen erfolgreichen Sohlstollenvortrieb festgestellt werden konnte. Daher wurde der Ausbau des Ringes 5, der erst im April 1924 in der österreichischen Bauweise erfolgte, nicht abgewartet, sondern sofort nach Vollendung des Sohlschlitzes am 22. Februar 1924 der Sohlstollen auf der Westseite begonnen und, wie es auch nach einigen neuerdings durchgeführten Tiefbohrungen zu erwarten war, ohne nennenswerte Schwierigkeiten mit einem mittleren Tagesfortschritte von 1,5 m bei 7,7 m^2 Querschnitt, in dem aus Textabb. 2 ersichtlichen fast standfesten Gebirge bis zu der von der Ostseite erreichten Stelle, km $2{,}744_3$ vorgetrieben, wo der Anschlufs an den Kleinstollen am 22. September 1924 erfolgte. In den festen sandigen oder grobschotterigen, konglomeratig gebundenen und an Findlingen reichen Schichten wurde im Sohlstollen auch vorsichtig mit Astralit gesprengt, wodurch der mittlere Tagesfortschritt von 1,1 m auf 1,70 m erhöht wurde. Doch wurde die Anwendung von Sprengmitteln noch vor der Erreichung der unmittelbar in der Tunnelmitte liegenden Verwerfung eingestellt. Zur Erzielung einer durchlaufenden Förderbahn im Sohlstollen war die Ausweitung und Überfirstung des von der Ostseite her vorgetriebenen Kleinstollens erforderlich; diese Arbeit wurde trotz Störung durch mehrere Wasser- und Schlammeinbrüche mit der erwünschten Raschheit nach dem erfolgten Stollendurchschlag von der Westseite aus durchgeführt.

Bis zum Zeitpunkte der Wiederaufnahme des Sohlstollenvortriebs auf der Westseite (22. Februar 1924), war auch die Tunnelröhre vor dem im Schachte ausgeführten Ring 3, bzw. 1 a, einschliefslich des Portals sowie der daran anschliefsenden Futtermauerflügel, gröfstenteils als überwölbter Einschnitt aufgemauert worden.

Als im Frühjahr 1923 der Vortrieb des Sohlstollens auf der Ostseite zufolge der andauernden Wasser- und Schlammeinbrüche ins Stocken geraten war, wurde der Beschlufs gefafst, die Herstellung der vollen Tunnelröhre in dem durch den Sohlstollen bereits erschlossenen Teile in Angriff zu nehmen und auszumauern, obwohl die gesamten Baustoffe nur von der Westseite mit Fuhrwerken herangebracht werden konnten, ferner mit einem in der Tunnelachse über den Hochstrafsrücken angelegten elektrisch betriebenen Seilaufzuge, der im Gegensatz zu den Fuhrwerken von Witterungsverhältnissen nahezu unabhängig war. Nach dem ursprünglichen Bauplane hätte mit dem Ausbau der Tunnelröhre auf der Ostseite erst begonnen werden sollen, nachdem der Sohlstollen vollendet und in ihm eine durchlaufende Förderbahn hergestellt war. Doch war der geänderte Beschlufs im Hinblick auf die Aufrechterhaltung eines stetigen Betriebs, sowie wegen der Ausnützung der Bauzeit während des voraussichtlich länger andauernden Sohlstollenvortriebs und weiter auch mit Rücksicht auf die teure Erhaltung des Sohlstollens vollauf gerechtfertigt. Der Ausbau der Tunnelröhre auf der Ostseite vollzog sich nach der österreichischen Bauweise planmäfsig und ohne wesentliche Störungen. Schwierig gestaltete sich nur die Ausführung des Aufbruchringes Nr. 63, wo sich die Unterbockständer unter grofsem Firstdruck in die zufolge reichlichen Rieselwassers durchweichte Sohle eindrückten, so dafs es zu einer Verdrückung kam, bei der die Gewölbekappenzimmerung am Firste um 0,70 m niederging. Die Gewölbekappe mufste hier von einem über der alten Zimmerung vorgetriebenen neuen Firststollen aus nachgenommen werden, wodurch dieser Ring die doppelte Arbeitszeit der anderen Tunnelringe erforderte. Zwei Monate nach der Fertigstellung dieses Ringes bildete sich nahezu lotrecht über ihm eine kleine Pinge, im Durchmesser von 3,0 m und 2,5 m Tiefe bei einer Überlagerung von 20,1 m.

Einer besonderen Hervorhebung wert ist auch der auf Taf. 45 dargestellte Ausbau der Tunnelröhre in dem 30 m langen, unter dem in Textabb. 1 dargestellten grofsen Tagbruche liegenden Teile. Mit Rücksicht auf die hier vorherrschende grofse Druck- und Einsturzgefahr wurde der Ausbau nach dem z. B. auch beim Bukovotunnel der Linie Afsling-Görz in den Jahren 1905 bis 1906 und beim zweiten Simplontunnel bewährten Grundsatze ausgeführt, kleine Räume auszubrechen und diese mit Mauerwerk rasch zu schliefsen, damit der Druck nicht zur Auslösung kommen kann. Im vorliegenden Falle wurden die Widerlager der Tunnelringe in Form von 2,5 m langen Querschlägen von Sohlstollen (Schnitt 2 und 3) und von einem über ihm vorgetriebenen Mittelstollen aus, (Schnitt 4, 5 und 6) ausgebrochen und ausgemauert, worauf der auf das fertige Mauerwerk sich stützende Ausbruch der Gewölbekappe vom Firststollen aus in der gesamten Ringlänge von 6 m erfolgte

(Schnitt 7 und 8). Der zwischen den Widerlagern und dem Sohl- und Mittelstollen verbliebene Raum wurde mit einem in sehr magerem Mörtel aufgeführten Füllmauerwerk ausgebeugt, das nach Maſsgabe der fertigen Ringmauerungen wieder rückgewonnen wurde. Diese Arbeiten wurden vom Juli 1924 bis Februar 1925 ohne besondere Zwischenfälle durchgeführt.

Die Herstellung der Tunnelröhre auf der Westseite verlief zunächst im allgemeinen ohne Schwierigkeiten. In dem festen konglomeratartig gebundenen Gebirge konnte in 19 Tunnelringen auf eine Gesamtlänge von 114 m die belgische Bauweise angewendet werden. Schwierig gestaltete sich jedoch der Ausbau auf dieser Seite von der Verwerfung in der Tunnelmitte bis zum Beginn der Verbruchsstrecke (km 2,690 bis 2,741), wo am Firste, wie aus Textabb. 2 ersichtlich ist, eine wasserführende Sand- und Rieselschotterschicht auftrat, aus der beim Eintritt des von der Westseite anfahrenden Firststollens am 17. Oktober 1924 ein heftiger Wassereinbruch erfolgte, der den weiteren Vortrieb vor der Durchführung entsprechender Entwässerungen nicht ratsam erscheinen lieſs. Es wurde daher zunächst der in Textabb. 2 angedeutete Wasserfangstollen von 1,6 m Höhe, 1,4 m Sohl- und 0,9 m Firstbreite auf eine Länge von 43,0 m, abzweigend von einem links der Bahn hergestellten Querschlage und sodann 8,0 m von der Tunnelachse gleichgerichtet zu dieser verlaufend, so vorgetrieben, daſs die Stollendecke noch durchwegs in dichtem und trockenem Tegel etwas unter der wasserführenden Schicht verblieb. Die Querschläge und der Wasserfangstollen wurden später mit Bruchstein ausgeschichtet. Die Wasserfangung wurde mittels 5 cm weiter eiserner Röhren bewirkt, die zusammenschraubbar eingerichtet waren und mit Bauwinden durch die Stollendecke in die wasserführende Rieselschotterschicht aufgetrieben wurden. Das oberste dieser, der Stollenhöhe entsprechend 1,2 m langen Rohre war oben schräg abgeschnitten und am Umfange mit 15 mm weiten Löchern versehen. Die gleichen Rohre wurden auch vom Sohlstollen aus, sowie von einem noch rechts der Bahn hergestellten, 7,0 m langen Querschlage gegen den First getrieben. Durch diese Anlage wurde eine rasche Ableitung des angesammelten Speicherwassers und sodann ein ständiger Abfluſs des zulaufenden Wassers erzielt, wonach der Firststollen glatt vorwärts gebracht werden konnte. Trotzdem hat der Ausbau des in der Verwerfung zwischen den Sand- und Schotterschichten und der Tegelzone liegenden Ringes 41 noch immer groſse Schwierigkeiten geboten, da durch das Abgleiten der mächtigen Sandschicht über der steil abfallenden Verwerfungsfläche ein ganz bedeutender, schräg angreifender Firstdruck auftrat, der eine Verdrückung der sehr kräftigen Zimmerung, ein Niedergehen der 0,40 m starken Kronbalken um 1,20 m am Firste, oder gar den Bruch der Kronbalken zur Folge hatte. Diese Verdrückung konnte noch durch entsprechende Sicherung der Zimmerung aufgehalten und sodann durch Nachnehmen des Gebirges beseitigt werden. Es ist aber zweifellos, daſs es ohne die vorausgegangene Entwässerung zu einer vollständigen Zerstörung der Zimmerung und zu einem verheerenden Verbruch gekommen wäre. Die gesamten Tunnelarbeiten sind im Juli 1925 beendet worden.

Zum Schlusse sei noch erwähnt, daſs die Tunnelröhre mit einem Korbbogenprofil von 5,70 m lichter Höhe über Schwellenoberkante und 5,50 m gröſster Breite ausgeführt wurde, sowie daſs durchwegs Druckprofile angewendet wurden und zwar für 30 m mit 50 cm Gewölbe- und 80 cm Widerlagerstärke, für 222 m mit 60 cm Gewölbe- und 90 cm Widerlagerstärke, für 137,5 m mit 70 cm Gewölbe- und 105 cm Widerlagerstärke und für 134 m mit 80 cm Gewölbe- und 115 cm Widerlagerstärke.

369,1 m der Tunnelröhre muſsten mit Sohlgewölben von 50 bis 70 cm Stärke versehen werden, auf eine Länge von 154,4 m konnten sie entfallen. Das Mauerwerk wurde in Bruchstein mit Portlandzementmörtel 1 : 4 (in druckreichen und nassen Stellen 1 : 3) ausgeführt. (Gneis aus dem nächst Friedberg gelegenen sogenannten Wiesenhöfsteinbruche, Zement von der Perlmooser Zementfabrik A. G.). Der Sohlkanal und die Kanaldeckel wurden betoniert.

Die Förderung im Tunnel erfolgte mit zwei Benzinlokomotiven (L = 22 PS, Zugkraft 1250 kg, Spur 76 cm).

Die elektrische Energie wurde von einem liegenden Körtingmotor (15 PS) erzeugt und zwar Gleichstrom mit 220 Volt. Dieser Strom diente für den Antrieb einer Zentrifugalpumpe, die die Wasserhaltung auf der Westseite besorgte und auch für den Antrieb des Seilaufzuges, mit dem, wie bereits erwähnt, die auf der Ostseite benötigten Baustoffe über den Hochstraſsrücken befördert wurden. In der Scheitelstrecke, woselbst eine horizontale Ausweiche angelegt war, wurden die Rollwagen umgespannt und auf einem Bremsberg talwärts bis zum Tunnelausgang niedergelassen. Im Scheitel war zu diesem Zwecke ein elektrisch angetriebener Haspel aufgestellt, der auch als Bremswerk für die Talförderung diente. Antriebskraft 8 PS, Neigungsverhältnisse im Schrägaufzuge 8 bis 13 %, im Bremsberge 11,5 bis 13 %, Spur 76 cm, Gesamtlänge 330 + 300 = 630 m. Fördergeschwindigkeit 20 m Min., Förderlast 3 t. Auf der Ausgangsseite erfolgte die Lüftung durch einen Niederdruckventilator, der mittels Riemen von einem 5 PS-Benzinmotor angetrieben wurde.

Die Bauarbeiten waren der Wiener Bauunternehmung Brüder Redlich u. Berger übertragen worden, die neben einheimischen Arbeitskräften eine gutgeschulte italienische Häuer- und Maurerkolonne eingestellt hatte und die ihrem auch im Auslande bekannten guten Rufe beim Bau des Hochstraſstunnels, der unter die schwierigsten in Österreich ausgeführten Tunnelbauten zu zählen ist, vollauf Rechnung getragen hat.

Die Bedeutung der Wildbachverbauung für die Eisenbahnen.

Von Ing. Dr. **O. Härtel**, Ministerialrat im Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft.

Unter den verschiedenartigen Formen der Wirkungsäuſserung des Wassers kommt der Tätigkeit als »Wildbach« wegen der verheerenden, elementaren Wirkung eine hervorragende Bedeutung zu.

Als »Wildbach« bezeichnet man ein meist verhältnismäſsig kurzes, steiles, in der Trockenzeit oft wasserloses Gerinne, das jedoch bei heftigen Niederschlägen eine rasch eintretende starke Wasserführung aufweist. Die sich im Gerinne sammelnden Wässer führen bereits von den Hängen dem Bache Schutt und Gerölle zu, die Ufer und die Sohle werden angegriffen und in Bewegung gesetzt. Das vom Wildbache geführte Gerölle und Geschiebe, zu dem sich noch Unholz hinzugesellt, wird in der Regel schadenbringend abgelagert, wobei die Geschiebeführung sich zu einem Schlamm- und Schuttstrome, dem Murgange, steigern kann.

Es kann zwar nicht gelingen, der nivellierenden Tätigkeit des Wassers, dem sich noch Wind und Wetter als Helfer zugesellen, seinem Bestreben, Berge abzutragen und Täler aufzufüllen, Einhalt zu gebieten; wir müssen uns darauf beschränken, diese nivellierende Tätigkeit in eine für uns möglichst wenig schädliche Bahn zu leiten, sie gegebenenfalls zu verlangsamen und durch geeignete Mittel zeitlich zu unterbinden. Diese Mittel zweckentsprechend anzuwenden ist Aufgabe einer zielbewuſsten Wildbachverbauung.

Zahlreiche Siedelungen der Gebirgsbewohner befinden sich auf dem Schuttkegel von Wildbächen, meist am Ausgange der

Schlucht, also in einer vom Wildbache sehr gefährdeten Lage. Mag auch die Entstehung vieler solcher Siedelungen in dem Bestreben, die versumpften Niederungen zu meiden, zur Zeit der relativen Ruhe des Wildbaches erfolgt sein, so stellten sich doch häufig (vor allem infolge Entwaldung des Einzugsgebietes) Bachausbrüche ein; diese zwangen die Bewohner zu Schutzmafsnahmen, die naturgemäfs auf den unmittelbaren Schutz der bedrohten Bauten gerichtet waren. Die Zurückhaltung des herabgeführten Geschiebes war gewöhnlich durch die Ausführung zunächst nur einer Stausperre nächst dem Orte versucht worden. Einfache Längsbauten im Bereiche der Ortschaft sollten die unmittelbare Gefährdung der Gebäude und Liegenschaften verhindern. An die Ausführung von Arbeiten im weiteren Talinnern oder gar im obersten Einzugsgebiete des Wildbaches wurde zunächst noch gar nicht gedacht und die Erkenntnis, dafs das Übel an der Wurzel, im Gebiete des eigentlichen Krankheitsherdes gefafst werden mufs, ist noch nicht allzufernen Ursprungs. Wohl wurden, z. B. in Tirol, bereits in der Mitte des 16. Jahrhunderts Bauten in Wildbächen ausgeführt, aber erst Ende des vorigen Jahrhunderts ist die Wildbachverbauung zielbewufst und planvoll auf weiten Gebieten in Angriff genommen worden.

Der Wirkungsbereich, d. h. die schädigende Wirkung eines Wildbaches beschränkt sich naturgemäfs nicht auf das Einzugsgebiet, das ist das Gebiet der vorwiegenden Schutterzeugung, sondern tritt in dem Bereich der vorwiegenden Schuttablagerung, also auf dem Schuttkegel augenfällig in Erscheinung. Hier befinden sich meist die Siedlungen, wertvolle unersetzliche Grundstücke, sowie Verkehrswege, vor allem Hauptstrafsen und Eisenbahnen.

Werden demnach die Bahnen bereits am Schuttkegel eines Wildbaches unmittelbar bedroht und ist es schon mit Rücksicht auf die Forderung der Betriebssicherheit geboten, die schädigende Wirkung eines Wildbaches tunlichst auszuschalten, so nehmen die Verkehrslinien, vor allem die Bahnen Teil an den unheilvollen Wirkungen des Wildbaches über sein engeres Ablagerungsgebiet hinaus. Denn diese Wirkung erstreckt sich nicht nur auf den Tallauf, in den der Wildbach einmündet; vielmehr werden durch die schadenbringende Zusammenarbeit des ganzen Netzes der einmündenden Wildbäche die Abflufsverhältnisse auch der gröfseren und gröfsten Gewässer nachteiligst beeinflufst.

In verschiedenen Alpentälern kann man diese unheilvolle Wirkung der Wildbäche deutlich beobachten. Während Hauptgewässer mit grofsem Gefälle (z. B. die Enns im Gesäuse) imstande sind, das Geschiebe der einmündenden Wildbäche in dieser Gefällsstrecke abzufördern, zeigt sich bei Talläufen mit einer geringeren Schleppkraft eine durch die fortschreitende Aufholung des Talgrundes bedingte Versumpfung, was wir z. B. im Paltentale und anderen Tälern Steiermarks, am Gail- und Drautale, Inntale, Salzach-Saalachtale und vielen anderen sehen. In ihrer weiteren Ausbildung führt diese hemmungslose Auflandung zu einer vollständigen Verschotterung des Haupttales, was z. B. im Lechtale bereits in erschreckendem Mafse festgestellt werden kann.

Es ist deshalb bereits die Erkenntnis in weite Kreise unserer Bevölkerung gedrungen, dafs die Verbauung der Wildbäche nicht nur für die örtliche Landeskultur Bedeutung hat, sondern dafs sie auch vom Standpunkte ihrer weiteren Wirkungen auf die Regulierungsmöglichkeit der Talläufe und der Wohlfahrtspflege ganzer Täler aus beurteilt werden mufs. Aus diesem Grunde mufs auch das Interesse der Bahn an der Wildbachverbauung beurteilt werden. Zunächst ist die Bahn an der Verbauung der die Strecke kreuzenden Wildbäche unmittelbar beteiligt, doch können ihr die wirtschaftlichen Verhältnisse ganzer, von der Bahn durchzogener Täler nicht gleichgültig sein, da sich ein wirtschaftlich darniederliegendes Gebiet auch für die Bahn ungünstig auswirken wird.

Wie erwähnt kommen für die Bahn zunächst jene Wildbäche in Betracht, die den Lauf der Bahn kreuzen; von solchen gibt es in der Republik Österreich, dem ausgesprochenen Lande der Wildbäche, zahllose.

Es kann nicht Zweck der vorliegenden Ausführungen sein, ein erschöpfendes Bild aller Arten von Wildbachverbauungen zu geben, doch sei gestattet, in grofsen Umrissen diese Verbauungsarten zu berühren.

Eine erfolgversprechende Wildbachverbauung mufs trachten, die Ursachen der Verwilderung zu erfassen und ihre Haupttätigkeit in das Gebiet der Geschiebeerzeugung verlegen. Es ist dies keine dankbare Aufgabe, da die Tätigkeit weit weg von menschlichen Siedlungen, daher zunächst unbeachtet erfolgt und die Wirkungen sich nicht immer sofort in dem gewünschten Umfange einstellen. Auch stellt diese Tätigkeit an die ausführenden Stellen in jeder Hinsicht grofse Anforderungen. Wie bei jedem Wasserbau ist es vor allem bei der Wildbachverbauung so bestellt, dafs selten eine Arbeit als vollkommen abgeschlossen angesehen werden kann, sondern dafs unausgesetzte Beobachtungen und Ausgestaltungen notwendig werden können. Immerhin ist jedoch der Hauptzweck erreicht, wenn es gelingt, die Wasserabflufsverhältnisse derart günstig zu beeinflufsen, dafs die unheilvollen Wirkungen auf ein erträgliches Mafs herabgedrückt werden. Besondere Verhältnisse der Bodenbeschaffenheit und der Bodenwirtschaft begünstigen allerdings die Beruhigung eines Wildbaches bei entsprechend reichlicher Ausführung baulicher und forstlicher Mafsnahmen häufig derart günstig, dafs diese Beruhigung restlos eintritt, so dafs zahlreiche Beispiele vollkommener und bereits längere Zeit währender Bändigung von Wildbächen aufzuweisen sind.

Soweit die Geschiebeerzeugung oberhalb der Grenze des Pflanzenwuchses im Bereiche des Kahlgesteins vor sich geht, kommt als wirksamstes Mittel in Betracht, diese Grenze tunlichst weit hinaufzurücken. Kommt doch der Bodendecke eine hervorragende Bedeutung zu; die Pflanzendecke wirkt sowohl auf die ober- als auch auf die unterirdische Wasserableitung verzögernd ein, da die Pflanze dem auffallenden und absickernden Wasser Hindernisse entgegensetzt, selbst Wasser verbraucht und die Verdunstung begünstigt. Durch das Wurzelnetz werden die Bodenbestandteile mechanisch festgehalten, wobei infolge der Durchlüftung und Durchsetzung des Bodens dessen Wasseraufnahmefähigkeit wesentlich gesteigert wird. Unter den verschiedenartigen Kulturgattungen verdient der Wald die höchste Würdigung. Es ist eine Voraussetzung für eine erfolgversprechende Wildbachverbauung, dafs der Wald im Niederschlagsgebiete nicht nur erhalten und entsprechend bewirtschaftet, sondern dafs die Waldgrenze tunlichst hinaufgerückt wird. Dies kann bei berechtigter Berücksichtigung der Alpeninteressen stets erfolgen, da ein Zurückdrängen des Waldes aus Standorten, wo er hingehört, sich an dem Alpbesitzer durch eintretende Verkarstung rächt und für die Allgemeinheit von nachteiliger Wirkung ist. Die Erhaltung der Pflanzendecke, insbesondere des Waldes, ist demnach auf die Erzielung einer möglichst geringen wirksamen Regenhöhe, d. i. des Unterschiedes zwischen der Niederschlagsmenge und den Wasserverlusten von überaus günstigem Einflufs. Die Schliefsung der zunächst unscheinbaren, aber in ihrer Weiterentwicklung häufig unterschätzten Wunden, die dem Boden durch die verschiedenartigsten Ursachen zugefügt werden, erfolgt ebenfalls durch kulturelle Mafsnahmen, deren rechtzeitige Ausführung kostspielige bauliche Vorkehrungen erspart. Bei bereits ausgebildeten Runsen, wo zu der Verwitterung auch die Unterwühlung durch das einsitzende Schadwasser tritt und zu Absitzungen führt, müssen bereits bauliche Vorkehrungen die kulturellen Mafsnahmen unterstützen oder vorbereiten. Die Hebung der Runsen-

sohle mittels Querwerken und Entwässerung der Rutschlehnen haben hier den Verflechtungen und Anpflanzungen der allenfalls abzuböschenden Lehnen voranzugehen. Entwässerungen können auch zur Verhütung von Bergstürzen und Steinschlägen erforderlich werden, wenn diese auf Frostwirkung oder Unterwühlung zurückzuführen sind.

Trotz den in den obersten Grabenteilen durchzuführenden Vorkehrungen gelangen noch bedeutende Geschiebemengen in das eigentliche Wildbachbett, die in diesem an geeigneten Örtlichkeiten durch Querwerke zurückgehalten werden müssen. Die Ausführung solcher Sperrenstaffelungen, durch die einerseits die Geschiebezurückhaltung infolge Schleppkraftverminderung erreicht, andererseits infolge der Sohlenhebung ein Schutz der Lehnenfüfse gegen Unterwaschung und vor allem eine Vernichtung der Angriffskräfte erzielt wird, mufs unter Bedachtnahme auf die Wirkungen der neuen Gefällslinienausbildung erfolgen, damit man vor mitunter unliebsamen Überraschungen tunlichst gesichert ist. Es wird meist notwendig, zunächst die Hauptwerke auszuführen und nach erfolgter Verlandung durch Einschaltung von Werken zweiter, allenfalls dritter Ordnung die erforderliche Längenprofilausbildung zu erzielen. Wenn es sich darum handelt, die vorhandene oder geschaffene Sohle zu halten, ohne dafs ihre weitere Hebung oder sonstige Veränderung zweckmäfsig oder erwünscht ist, empfiehlt sich der Einbau von Grundschwellen, das sind Querwerke, deren Krone in Sohlenhöhe liegt. Durch die Ausführung einer sach- und plangemäfsen Staffelung mit Sperren und Grundschwellen, bei der die Sohle gehoben und die Angriffskraft des Wassers herabgesetzt wird, erfolgt auch schon eine gewisse, in manchen Fällen sogar ausreichende Sicherung der Lehnenfüfse. Meistens ist jedoch erforderlich Zusatzbauten, die in der Längsrichtung des Baches zu führen sind, zu errichten, wobei Mauern aller Art, Streichwände, Faschinen- und Flechtwerkbauten, mitunter Drahtschotterbauten ausgeführt werden. Auf die Verhinderung des Längskolkes ist dabei besonders Rücksicht zu nehmen.

Selbst bei einer weitgehenden Verbauung im Talinnern erscheinen Vorkehrungen auf dem Schuttkegel meist erforderlich; dies um so mehr, wenn was häufig der Fall ist, Bauten, Nutzländereien oder Verkehrswege, vor allem Bahnlinien, gefährdet sind. Während der Schutz von Baulichkeiten und Nutzländereien so gut wie immer bei Vorhandensein der erforderlichen Geldmittel möglich ist, ergeben sich bei den den Bach überquerenden Verkehrswegen — insbesondere Bahnlinien — mitunter erhebliche Schwierigkeiten. Durch die Höhenlage der Bahn ist der verfügbare Spielraum für eine Unterführung meist unabänderlich gegeben, da die bei einer Strafse leichter mögliche Änderung der Höhenlage bei einer Bahn — wenn überhaupt durchführbar — sehr kostspielig ist. Andrerseits wurde häufig bei der Festlegung der Höhenlage auf den Schuttkegel nicht entsprechend Rücksicht genommen; so sind nicht selten Einschnitte im Schuttkegelbereiche vorhanden, was bei der grofsen Empfindlichkeit des Längenschnittes der Schutzkegelstrecke zu schwierigen Zuständen führt. Da bezüglich des Bahnkörpers im Bereich des Baches mit gegebenen Verhältnissen zu rechnen ist, müssen Vorkehrungen gesucht werden, die beide Forderungen der unschädlichen Durchleitung des Wildbaches unter dem Bahnkörper und die Rücksicht auf Sonderverhältnisse des Wildbaches in Einklang bringen. Da die unerwünschte Tiefenlage der Bahnbrücke meist einen Bruch im Längenschnitt des Baches zur Folge hat, wird oft versucht, den Ausfall an Schleppkraft durch Verminderung der Reibung wettzumachen und den Bach in einem glatten Gerinne durch den Bahnkörper zu leiten. Dies ist nur dann von dauerndem Erfolge begleitet, wenn der Bach noch innerhalb der erforderlichen Schleppkraftgröfse in einen Sammler mündet, der das Geschiebe weiterbringt, das sonst eine rückschreitende Auflandung unfehlbar den Bahnkörper gefährden mufs. In solchen Fällen bildet die Vorschaltung eines ausgiebigen Ablagerungsplatzes ein Auskunftsmittel, das jedoch neben einer ständigen Aufnahmefähigkeit des Kiesfanges eine tunlichst wirksame Verbauung des Einzuggebietes zur Voraussetzung hat. Bei einem entsprechend tiefen Bahneinschnitte im Schuttkegel ist mitunter die Überleitung des Baches möglich. Die Wahl genügend breiter Kunstbauten ist eine weitere Voraussetzung für ihre klaglose Wirkung. Begreiflicherweise sind bezüglich der Wahl des Platzes der Brücken die Nebenbahnen wesentlich ungünstiger daran, doch ist auch bei Hauptbahnen in dieser Beziehung vieles zu verbessern. In Zusammenarbeit einer zielbewufsten Wildbachverbauung mit der verständnisvollen Bahnerhaltung wird es sicher gelingen, allseits befriedigende Verhältnisse zu schaffen.

Von ganz besonderer Wichtigkeit ist die Instandhaltung ausgeführter Wildbachverbauungen und die Beaufsichtigung sowie Reinhaltung sowohl der verbauten als auch der unverbauten Wildbäche. Eine strenge Handhabung der einschlägigen Vorschriften dient dem Nutzen aller.

Im Zusammenhange sei noch auf die Ausführung von Lawinenverbauungen hingewiesen, für die von der Bahnverwaltung vorbildliche Anlagen geschaffen wurden, die den zuständigen Beamten des Wildbachverbauungsdienstes als Vorbild dienen können.

Über Lehnensicherung.

Von Ministerialrat Ing. **Lehar**, Abteilungsvorstand der Generaldirektion der Österreichischen Bundesbahnen.

Die österreichischen Eisenbahnen führen zum überwiegenden Teil in gebirgigem Gelände. Die Schwierigkeiten der Linienführung dortselbst offenbaren sich schon dem Auge des nicht fachkundigen Reisenden. Hohe Dämme wechseln mit tiefen Einschnitten, über kunstvolle Bauten, an Felswänden entlang, oder am Fufse hoher Gebirgsstöcke zieht die Bahn, so die herrlichsten Täler unseres an Naturschönheiten reichen Landes erschliefsend. Neben der viel früher gebauten Strafse und dem Flufslaufe findet sie oft kaum noch Platz und stört auf ihrem Wege einerseits dem nach Naturgesetzen entstandenen Beharrungszustand der Talbildung, anderseits tritt sie in den Wirkungsbereich der durch solche Naturkräfte stets wieder hervorgerufenen Ereignisse.

Die wichtigste Aufgabe des Eisenbahntechnikers ist es daher, durch geeignete Vorkehrungen beim Bau und später bei der Erhaltung des Bahnkörpers den gestörten Gleichgewichtszustand wieder herzustellen und den Schienenweg gegen die Folgewirkungen der Naturkräfte möglichst zu schützen.

Einen breiten Raum nimmt hier die Sicherung der Lehnen ein. Von der Behebung einfacher Rutschungen bis zur Verbauung hoher felsiger Berglehnen mit ihren Lawinen, Steinschlägen und Felsstürzen liegt ein ausgedehntes Betätigungsfeld. Nicht immer gelingt es, einen Ruhezustand zu erreichen. auch ist es manchmal nicht möglich, innerhalb der Grenzen der Wirtschaftlichkeit durch weitgehende Verbauung der Berglehnen die darunter liegende Bahn vollkommen zu schützen. Wenn es sich um wichtige Linien handelt, deren Betrieb nicht gestört werden darf, dann erübrigt oft nichts als die kostspielige Herstellung von Lawinen- und Steinschlaggalerien, von Schutzdächern, von Linienverlegungen oder die Führung der Bahnlinie im Tunnel, wie es z. B. am Arlberg in mehreren Fällen geschehen mufste (Moltertobel-, Spreubach- und Wildentobeltunnel). Andernfalls mufs durch einen besonderen Überwachungsdienst dafür gesorgt werden, dafs gefährdende Ereignisse rechtzeitig wahrgenommen werden.

Am kostspieligsten sind die Sicherungen gegen Lawinen-

gefahren, weil hierbei meist Herstellungen in großer Höhe über der Bahn, an den Orten, wo die Lawine sich bildet, vorgenommen oder kräftige Bauten unmittelbar an der Bahn wie Lawinenschutzdächer, Galerien, Tunnel usw. ausgeführt werden müssen. Eine Aufforstung, der beste Schutz gegen die Bildung der Lawinen, führt dort nicht zum Ziele, wo das Entstehungsgebiet über der Baumgrenze liegt. Hier muſs durch Anlegung von Mauern und Schneerechen die Lawinenbildung verhindert werden (z. B. Verbauung der Feuersanglawine nächst Böckstein und die ausgedehnten Verbauungen im Arlberggebiet). Wo nach Vernichtung der Waldkulturen durch Brände Lawinenbildungen in geringerer Höhe entstehen, müssen solche Verbauungen vorerst die mühsam vorgenommene Aufforstung und den Anwuchs der neuen Bestände schützen (Weilenstein am Brenner, Pflerscher Lehne). Wenn die Verbauungen unerschwingliche Kosten verursachen würden, müssen durch einen sorgfältig eingerichteten Beobachtungsdienst alle für die Lawinenbildung in Betracht kommenden Voraussetzungen rechtzeitig erfaſst werden, damit die Talstationen, fernmündlich gewarnt, in kritischen Momenten den Verkehr sogleich einstellen können (Lawinenbeobachtungsstation im Tamischbachturmgebiet am Mitterriegel bei Hieflau).

Ausführliche Schilderungen der »Sicherung des Eisenbahnbetriebes gegen Lawinengefahren« von Ministerialrat Ing. Bierbaumer finden sich im Heft 17 des Jahrgangs 1925 dieser Zeitschrift.

Die Sicherung der Rutschlehnen geschieht in mannigfacher Art und es ist jeder Fall nach vorangegangener gründlicher Bodenuntersuchung für sich zu beurteilen und zu behandeln. In der Regel wird mit der Behebung der unmittelbaren Ursache solcher Rutschungen, also mit Entwässerung der Lehne das Ziel erreicht sein. Am zweckmäſsigsten ist es, das Wasser schon an der Eintrittstelle, wenn es von der Oberfläche aus zudringt, abzufangen und in Gräben (Kopfgräben) und gepflasterten Mulden abzuleiten. Andernfalls muſs durch Schlitze die Lehne entwässert, bei schwierigen und ausgedehnten Rutschungen auch oft durch Stollen, die nachher auszuschlichten sind, den Quellen nachgegangen werden. Früher hat man meist mit Steinrippen, die oft durch Bogen verspannt wurden, gearbeitet, heute werden nebst diesen auch vielfach zur Vermeidung einer Beschwerung der Rutschflächen nur Kohlenlöscheschlitze mit Drainagerohren angewendet.

In ganz leichten Fällen, nämlich bei Schalenrutschungen, die nicht weit reichen, genügt nach Wiederaufholung und Verflechtung der Böschung eine Bepflanzung mit tief wurzelnden Gewächsen (Erlen, Akazien usw.). Die Akazie, welche die Böschung mit sehr tiefen Wurzeln rasch bewächst, hat wegen ihrer leichten Verwilderung und der dadurch bedingten steten Pflege viele Gegner.

Wo die Böschung mit Steinen durchsetzt ist, dann bei Schotter- und Konglomeratlehnen werden nebst den normalen Abräumungen noch Sicherungen der Bahn in Gestalt von Schienenpalisadenwänden errichtet.

Die Behebung von Rutschungen nimmt oft auſserordentlichen Umfang an und erfordert manchmal sogar Linienverlegungen wie bei km 70,9/71,3 der Strecke Wien—Gmünd. Um den durch tiefreichende Geländerutschungen gefährdeten Bahnkörper dauernd zu schützen, wurde die Bahn seitlich auf einen 300 m langen Viadukt verlegt, dessen Pfeiler auf den 17 bis 18 m tief liegenden Felskörper aufgesetzt wurden.

Die Felslehnen, die durch Steinschlag und Felsabstürze gefährlich werden können, lassen sich in zwei Gruppen teilen. Zur ersten gehören die Felswände (natürliche Wände oder Felseinschnitte), die entlang der Bahn ziehen, mit dem oberen Rande als Felslehnen aufhören, im weiteren Verlauf bei flacheren Neigungen dann meist gut bewachsen sind und keine lockeren Steine und Felspartien mehr enthalten.

Die zweite Gruppe bilden jene steilen Lehnen, die oft viele hunderte von Metern über die Bahn hinaufreichen und bei mangelhafter Bewachsung überall zerklüftete Felswände, Felsnester oder lockere Steingruppen eingesprengt enthalten.

Bei beiden sind Wasser- und Frostwirkung die Ursachen der fortwährenden Verschlechterung der Lehnen und der dadurch erfolgenden Abstürze.

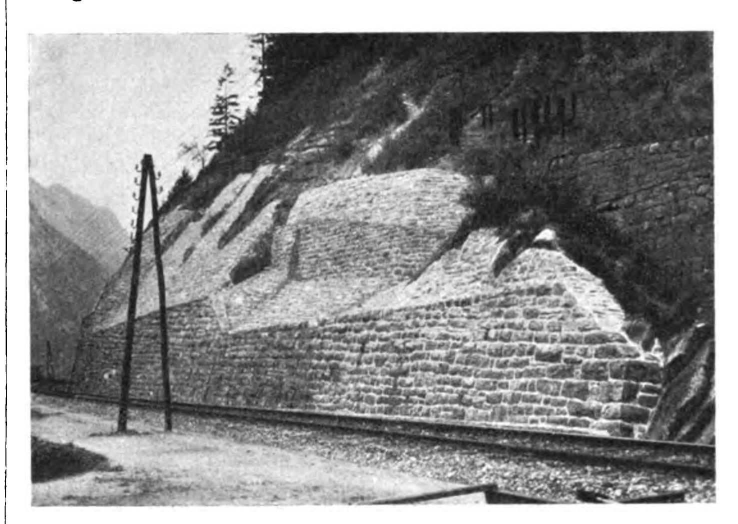


Abb. 1. Lehnensanierung bei km 122,8/9 der Strecke Innsbruck—Bludenz.

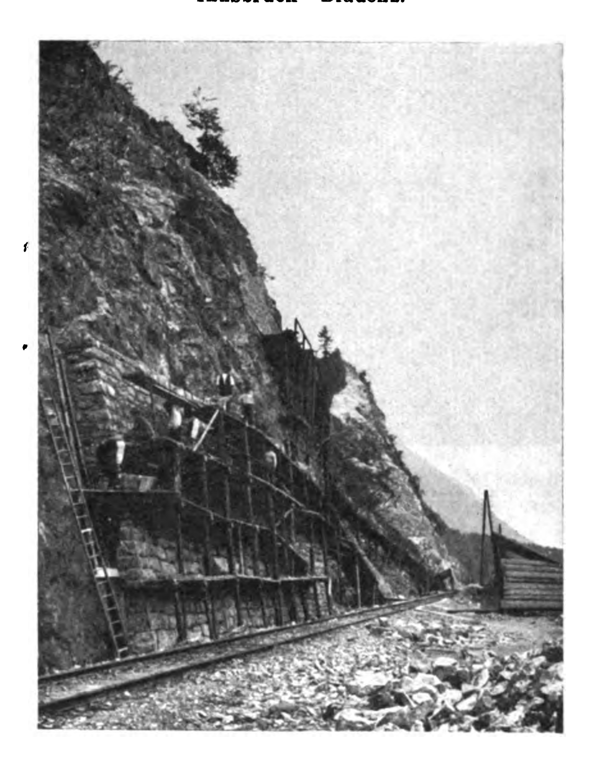


Abb. 2. Verkleidungsmauer bei km 118,1/2 der Strecke Innsbruck—Bludenz.

Die Sicherung des Bahnkörpers wird bei der ersten Gruppe durch alljährlich mindestens zweimalige Abräumung der lockeren Teile (Herbst und Frühjahr) und durch planvolle Verbauung, wo eine solche notwendig ist, vollkommen zu erreichen sein (Abb. 1, Lehnensanierung 122,8/9 der Strecke Innsbruck—Bludenz nächst Dalaas). Meist wird durch schwache Verkleidungsmauern, welche die Einwirkung der Witterungseinflüsse abhalten (Abb. 2, Verkleidungsmauer bei km 118,1/2 der Strecke Innsbruck—Bludenz nächst Danöfen), durch Ver-

mauerung von solchen Lassen, in denen das Wasser eindringen könnte, ferner durch Untermauerung der überhängenden oder absturzgefährlichen Felspartien der Zweck erreicht werden können. Statisch wirkende Mauern werden nur in den seltensten Fällen angewendet zu werden brauchen, weil die zerklüfteten Felsen noch gut auf ihrer oft zackigen Unterlage haften und bei Abhaltung des Wasserzuflusses eine wesentliche Verschlechterung nicht mehr eintreten wird. Absprengungen sollen nur dort vorgenommen werden, wo tatsächlich ein Enderfolg ohne neuerliche Verletzung des Hinterlandes erzielbar ist.

Am sorgfältigsten sind die in die zweite Gruppe gehörigen Felslehnen zu behandeln. Bei der grofsen Ausdehnung der Lehnen wird die Sanierung hier oft sehr schwierig, ja in einzelnen Fällen ganz unmöglich sein, da insbesondere die oft bestehende Unzugänglichkeit der gefährlichen Felspartien die Arbeiten sehr erschwert und vielfach unmöglich macht. In allen Fällen mufs vorerst ein gut durchgebildeter Beobachtungs- und Überwachungsdienst Platz greifen. Ein solcher wird nur dann Erfolg versprechen, wenn er vollkommen plangemäfs eingerichtet und mit Pflichteifer von allen beteiligten Bediensteten ausgeführt wird.



Abb. 3. Steinschlagverbauung im „Längentobel" bei Langen am Arlberg.

Der Lehnenbegehungsdienst ist Vertrauenssache, daher sind hierzu nur verläfsliche, erprobte Bedienstete zu verwenden. In gefährlichen, schwer zugänglichen Strecken sollen immer zwei Bedienstete zusammen gehen, damit sie einander helfen können.

Das gefährliche Gebiet mufs in Abschnitte geteilt werden, in denen alle in Betracht kommenden Felspartien, wenn auch nur skizzenhaft, in Lageplänen festgehalten werden. Alle diese Partien müssen unter Beobachtung stehen. Durch Anlage von Fufswegen sollen sie womöglich leicht zugänglich gemacht werden. Sodann sind in den bestehenden Lassen Beobachtungsmarken aus Beton (Spione) anzubringen, so dafs es dem Beobachter auch möglich ist, jede, selbst die kleinste Bewegung und Unruhe feststellen zu können, damit sodann geeignete Mafsnahmen getroffen werden. Oft wird man solche Marken durch fest anzubringende Leitern (aus Waldlatten an Ort und Stelle angefertigt) zugänglich zu machen haben. An gefährlichen Wegstellen müssen Geländer hergestellt werden. Sodann mufs ein plangemäfser Lehnenbegehungsdienst eingerichtet werden, bei dem je nach der Gefährlichkeit und Wichtigkeit, auch nach den Witterungsverhältnissen und der Jahreszeit, geeignete Bedienstete in entsprechend oftmaliger Begehung alle diese Stellen abgehen und eintretende Veränderungen sofort melden.

Werden solche festgestellt, so setzt die Sicherung des betreffenden Lehnenteils ein. Sie besteht entweder in Abräumung oder Untermauerung (Abb. 3, Steinschlagverbauung im »Längentobel« bei Langen), in Errichtung von Fangmauern mit Erdhinterfüllung am Fufse der Lehne (Abb. 4, Steinfangwände im Bahnhof Hintergasse), weiter in der Herstellung von Schutzdächern, Galerien oder Tunneln. In Ausnahmefällen, wenn eine Untermauerung oder eine andere Sicherung nicht möglich ist, kommt auch die Absprengung solcher Stellen in Betracht. Eine bemerkenswerte Felsabsprengung nächst Johnsbach im Gesäuse schildert der Artikel des Oberbaurates Ing. Pokorny im vorliegenden Heft. Schienenpalisadenwände oder Holzverhaue sind nur dort anzuwenden, wo der lebendigen Kraft abstürzender Steine durch solche Wände mit Erfolg begegnet werden kann, beispielsweise unmittelbar am Fufse von Felswänden, wo senkrecht abstürzende Steine zum ersten Male auffallen, noch nicht springen und noch keine Bewegungsgeschwindigkeit haben (Abb. 5, Steinschlagwände km 79,1/2 Innsbruck—Bludenz, Abb. 6, grofser Holzverhau im Gypsbruchtobel, km 119,7/8 Innsbruck—Bludenz).

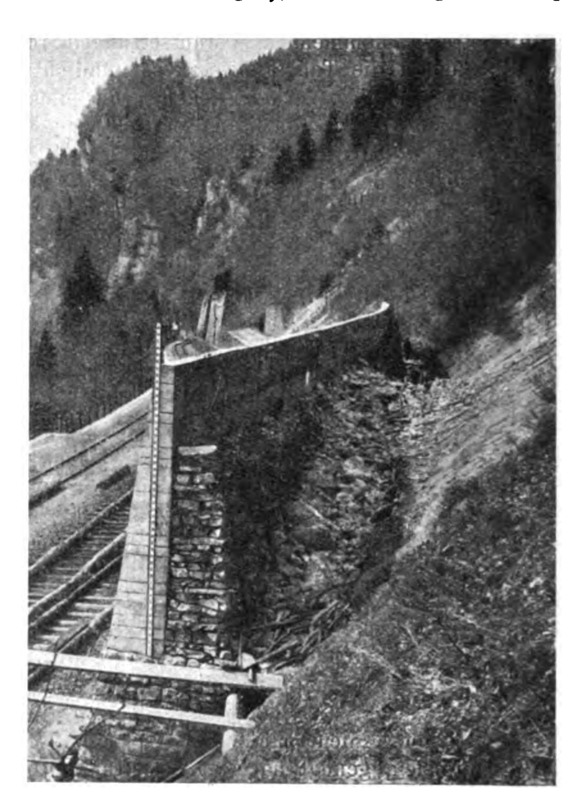


Abb. 4. Steinfangwände am Bahnhof Hintergasse der Strecke Innsbruck—Bludenz.

Werden bei den Lehnenbegehungen einzelne Steine angetroffen, die möglicherweise zum Rollen kommen könnten, so sind sie, wenn der Bedienstete dies gefahrlos tun kann, sofort

zu stützen oder sicher zu lagern. Sodann sind sie von dem Lehnentrupp zu zerkleinern oder vollkommen standfest zu machen oder einzugraben.

Besonderes Augenmerk ist auch der Aufforstung der Lehnen zuzuwenden. Die zu versetzenden Pflanzen sollen womöglich in eigenen Forstgärten selbst gezogen werden, damit sie sich schon in ihrem ersten Wachstum an das gegebene Klima gewöhnen. Diese Aufforstung ist nicht allein deshalb wichtig, weil sie die Verkarstung der Lehnen verhindern soll, sondern weil in vielen Fällen erfahrungsgemäfs Steinschläge durch die Waldbäume vollkommen zum Stillstand gelangt sind.

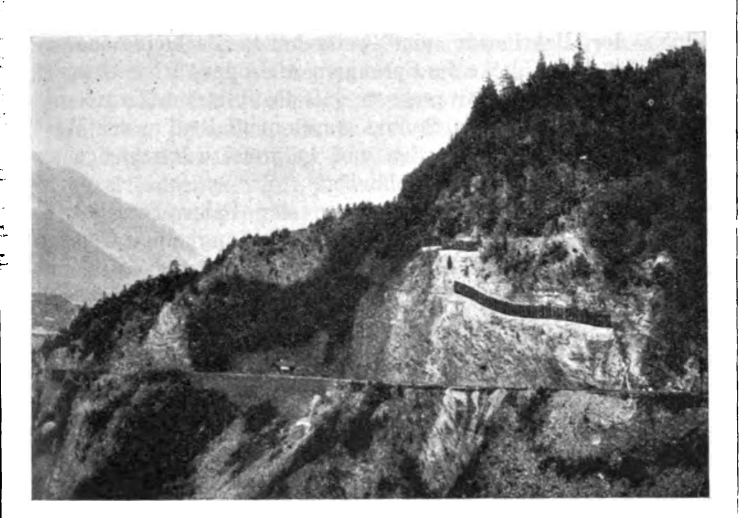


Abb. 5. Steinschlagwände bei km 79,1/2 der Strecke Innsbruck—Bludenz.

Die Sanierung ausgedehnter, hoher Lehnen ist mitunter noch deswegen schwierig, weil viele Arbeiten auf fremdem Boden vorgenommen werden müssen, so dafs zuerst eine Vereinbarung mit dem Besitzer stattzufinden hat. Fremde Wälder auf steinsturzgefährlichen Lehnen sollen daher nach Möglichkeit angekauft werden. Mindestens ist durch Bannlegung eine Abforstung zu verhindern oder einzuschränken.

Neben den Lehnenbegehungen müssen nicht vollkommen gesicherte Bahnstellen noch besonders überwacht werden. Diese Überwachung ist entweder ständig oder fallweise, von der Witterung abhängend. In beiden Fällen ist die Art des Dienstes, der in der Regel in der Begehung eines zugewiesenen Streckenteils besteht, im Regeldienste festzulegen. Die fallweise Überwachung mufs so eingerichtet sein, dafs sie selbsttätig mit Eintreten der gefahrdrohenden Witterung einsetzt. Die sonst den eigentlichen Bahnaufsichtsdienst besorgenden Bediensteten müssen auf ihre Verläfslichkeit geprüft und bei besonderer Wichtigkeit ihres Dienstes mit Kontrolluhren ausgerüstet sein (z. B. die Streckenbegeher im Gesäuse zwischen Hieflau und Gesäuseeingang oder längs der Loderleiten bei Steyr).

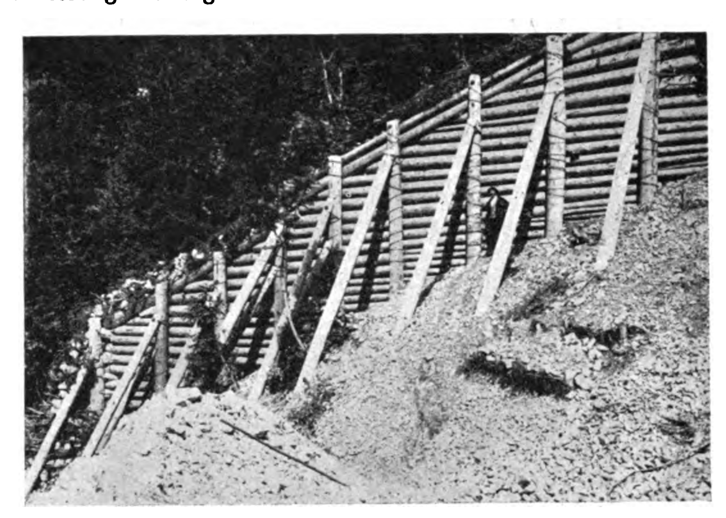


Abb. 6. Grofser Holzverbau im Gypsbruchtobel bei km 119,7/8 der Strecke Innsbruck—Bludenz.

Eine Felssprengung im Gesäuse.

Von Oberbaurat Ing. **Pokorny**, Bahnerhaltungskontrolleur bei der Bundesbahndirektion Villach.

Die Enns durchbricht in dem besonders in Bergsteigerkreisen bekannten und beliebten Gesäuse die nördlichen Kalkalpen. Die Bahnlinie, welche hier dem Laufe der Enns folgt, ist landschaftlich eine der schönsten in unserer Bergwelt. Die wenigsten Reisenden machen sich wohl darüber Gedanken, welche Summe von Arbeit und welch hohe Kosten es verursacht, den Betrieb auf dieser Strecke so sicher zu gestalten, dafs nach menschlicher Voraussicht Unfälle durch Naturereignisse als ausgeschlossen gelten können.

Besonders Steinschläge von den mehrere hundert Meter hohen, fast senkrechten Felswänden sind zu befürchten. Die ständige Überwachung der Bahnlinie durch eigene Lehnenwächter, welche die ihnen zugewiesene Strecke wiederholt bei Tag und Nacht, an besonders gefährdeten Stellen sogar vor jedem Zuge zu begehen haben, genügt aber nicht. Die Berglehnen und Felswände selbst werden jahraus, jahrein von einer ausgesuchten Mannschaft durchstiegen und durchklettert. Steinfänge werden errichtet, Felsblöcke, die infolge ihrer unsicheren Lagerung abzustürzen drohen, werden untermauert oder abgesprengt.

Die Absprengung einer solchen gewaltigen Felsmasse erwies sich im abgelaufenen Jahre als notwendig (Abb. 1).

Über den Verlauf sei hier berichtet.

Zu Beginn des Sommers 1926 wurde wahrgenommen, dafs sich in unmittelbarer Nähe der Haltestelle Johnsbach etwa 200 m über der Bahn bei einem schon längere Zeit unter Beobachtung stehenden gröfseren Felswandstück ein vorhandener Rifs erweitert habe.

Eine sofort vorgenommene eingehende Untersuchung und Besichtigung hatte folgendes Ergebnis: In einer unten senkrechten, oben mehr als 60° geneigten Wand befand sich eine vorspringende Felspartie von etwa 45 m Höhe, die oben und in der Mitte 20 bis 25 m breit war, und nach unten spitz zulief. Das ganze Felswandstück war mehrfach von Rissen durchzogen. Zwischen dieser Felspartie und dem festen Gestein zog sich allem Anschein nach eine ziemlich ausgedehnte wasserführende Lasse durch, da am unteren Ende des spitz zulaufenden Felsens feuchte Stellen zu bemerken waren. Die Mächtigkeit der Felspartie betrug schätzungsweise an der ungünstigsten Stelle 6 m. Der Rauminhalt jenes Teiles, welcher ein so lockeres Gefüge zeigte, dafs mit seinem Absturz gerechnet werden mufste, war annähernd 1500 m³.

Es war somit der Augenblick gekommen, wo man sich mit einer blofsen Beobachtung nicht mehr begnügen konnte, sondern es mufsten Mafsnahmen gegen einen allfälligen, zeitlich nicht vorherzusehenden Absturz der Felspartie getroffen werden.

Eine Untermauerung des überhängenden Felsens war ausgeschlossen, da kein Fufs für eine Mauer vorhanden war. Man entschlofs sich daher den Felsen abzusprengen, wobei folgende Bedingungen berücksichtigt werden mufsten:

1. Um möglichst wenige und nur kurze Unterbrechungen des Zugverkehrs zu erzielen, durften nicht allzuviele Teilsprengungen stattfinden.
2. Das Wandstück mufste bei den Sprengungen so zerkleinert werden, dafs keine allzugrofsen Blöcke auf den Bahnkörper gelangen konnten.
3. Durch die Sprengung durften die benachbarten, noch festen Felswandteile auf keinen Fall gelockert werden.
4. Es mufste damit gerechnet werden, dafs bei Teilsprengungen infolge des lockeren Gefüges möglicherweise eine gröfsere oder sogar die ganze Felsmenge auf einmal abgehen könnte.

Unter diesen Umständen entschlofs man sich auf Teilsprengungen überhaupt zu verzichten. Aber auch die Anlage von Kammerminen und die Verwendung grofser Munitionsmengen konnte nicht in Betracht kommen.

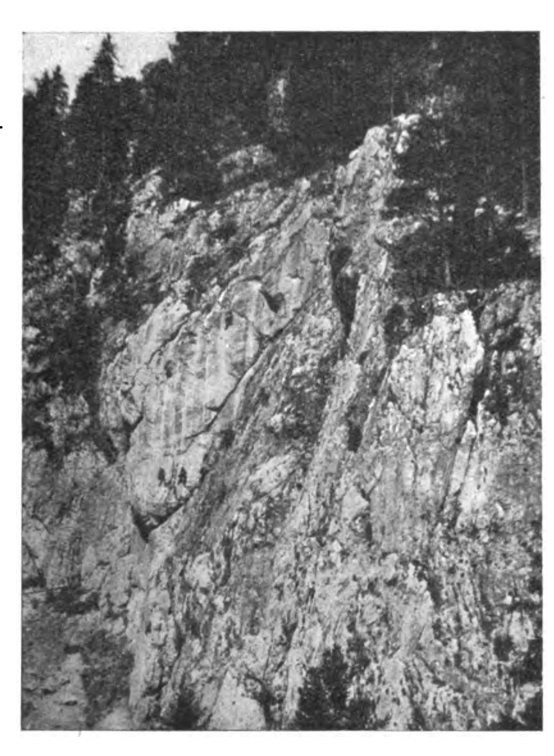


Abb. 1. Felsmasse vor der Absprengung.

Es wurde daher folgender Vorgang beschlossen: Über die ganze Felspartie verteilt werden Bohrlöcher zur Aufnahme der Sprengladungen vorbereitet. Diese Arbeit wird bis Mitte September fertiggestellt, damit unmittelbar nach Aufserkrafttreten der Sommerfahrordnung die Sprengung vorgenommen werden kann. Zur Sprengung wird ein Sicherheitssprengstoff verwendet, da bei so zahlreichen Schüssen mit Versagern gerechnet werden mufste, die beim Abräumen des Schuttes möglicherweise hätten verhängnisvoll werden können. Durch gleichzeitige Entzündung aller Bohrschüsse soll die ganze lockere Felspartie womöglich auf einmal abgesprengt werden. Gelingt dies nicht, so ist doch zu erwarten, dafs nur mehr verhältnismäfsig geringfügige Nachsprengungen nötig sein werden, um alle lockeren Felspartien zum Absturze zu bringen.

Auf Grund dieses Planes schritt man nun an die Ausführung. Zunächst wurde an einer geeigneten Stelle oberhalb des Felsens eine Abseilstelle mit einem kleinen Unterstand errichtet. Sodann wurden die Bohrlöcher — insgesamt 31 Stück — mit Handbohrern hergestellt. Die Arbeiter mufsten auf einem Hängegerüst in der senkrechten Felswand angeseilt die Bohrarbeiten durchführen. Besonders mühsam war die Versorgung mit Wasser, weil es vom Tal zur Arbeitsstelle getragen werden mufste. Die Bohrlöcher wurden am Fufse des Felsens in geringeren Abständen voneinander angeordnet als in den oberen Partien, da es sich darum handelte, die dortigen unsicher gelagerten Teile des Felsens unter allen Umständen abzusprengen. Die lockeren oberen Felspartien sollten, wenn sie ihren Stützpunkt verloren, nachstürzen. Wenn auch durch die getroffene Austeilung der Bohrlöcher eine weitgehende Zerkleinerung des Felsens im Augenblicke der Sprengung nicht gewährleistet wurde, so konnte man doch damit rechnen, dafs die abstürzenden gröfseren Felsblöcke während des Sturzes durch Auffallen in der Wand noch weiter zerkleinert werden und so gröfsere Beschädigungen der Bahnanlagen vermieden blieben.

Die Bohrarbeiten wurden von der Bahnverwaltung im Eigenbetriebe durchgeführt. Die Verwendung einer Gesteinsbohrmaschine hätte wohl die Arbeitszeit, die für das Bohren aufgewendet werden mufste, wesentlich verringert. Es standen jedoch hierfür keine geeigneten Einrichtungen zur Verfügung. Als später in Erfahrung gebracht wurde, dafs die Pioniertruppe über eine, auch in diesem unwegsamen Gelände verwendbare, leistungsfähige Bohrmaschine verfüge, lohnte es sich nicht mehr, die letzten Bohrlöcher auf maschinellem Wege herzustellen.

Um eine so umfangreiche Sprengung im Eigenbetriebe durchzuführen, fehlte es der Bahnverwaltung nicht nur an den nötigen Einrichtungen, sondern es stand hierfür auch keine entsprechend geschulte Mannschaft zur Verfügung. Auf Ersuchen der Bahnverwaltung übernahm das Pionierbataillon Nr. 5 in Graz mit Zustimmung des Bundesministeriums für Heerwesen die Durchführung der Sprengung. In dem vom Kommandanten der Pionierabteilung aufgestellten Entwurf war das gleichzeitige Arbeiten von drei Sprengmeistern vorgesehen, da die Gröfse des Felsens es gestattete, bei den Ladearbeiten drei Gruppen gleichzeitig zu verwenden, ohne dafs eine gegenseitige Behinderung zu befürchten war.

Von der Bahnverwaltung wurde inzwischen in gleicher Höhe mit der Sprengstelle etwa 100 m von dieser entfernt in geschützter Lage ein zweiter Unterstand errichtet, der zum Schutze der während der Sprengung oben bleibenden Mannschaft bestimmt war, und wo der Zündapparat und eine Telephonstation untergebracht werden sollten. Ferner wurden bei den Steinfängen, die sich in den zwei unterhalb des Felsens gegen das Tal hinziehenden Runsen befanden, die Riegel entfernt, da anzunehmen war, dafs sie von den abstürzenden Felsmassen vollständig zertrümmert würden.

Am 21. September früh wurde mit den Vorarbeiten zum Laden begonnen. Die drei der Pionierabteilung angehörenden Sprengmeister liefsen sich mit ihren drei von der Bahnverwaltung beigestellten Helfern abseilen. Die Bohrlöcher wurden gereinigt, mit Holzpfropfen verschlossen und mit Nummern bezeichnet, die Tiefe und die Entfernung der Bohrlöcher untereinander gemessen, soweit dies notwendig war, um die Länge der Zündleitungen zu ermitteln.

Auf Grund der Messungen wurde folgender Arbeits- und Zündplan ausgearbeitet (Abb. 2).

a) Arbeitsplan. Alle 31 Bohrschüsse wurden in Gruppen zu je drei bis fünf Stück zusammengefafst und auf diese Weise acht Gruppen gebildet. Die Gruppen wurden mit den Buchstaben a bis h, die Bohrschüsse mit Nummern bezeichnet. Dem ersten Sprengmeister wurden die Gruppen a, b, c, mit insgesamt zwölf Bohrschüssen zugewiesen; dem zweiten Sprengmeister waren die Gruppen d, e, f mit zehn Bohrschüssen übertragen, dem dritten die Gruppen g und h mit neun Bohrschüssen.

b) Zündplan. Bei der Wahl des Sprengstoffs liefs sich der Kommandant von folgenden Erwägungen leiten. Es konnten nur Ekrasit oder Dynamon in Betracht kommen, da Dynamit kein Sicherheitssprengstoff ist. Ekrasit ist zwar etwas brisanter als Dynamon, es ist aber hart und läfst sich deshalb an die

Wand der Bohrlöcher mit dem Ladestock nicht gut anpressen. Es entstehen Luftpolster, durch welche die Brisanz aufserordentlich leidet. Dynamon ist weich, mehlartig und kann mit dem Ladestock vollkommen gefahrlos überall fest an die Wandungen der Bohrlöcher angeprefst werden. Hierdurch wird die Brisanz wesentlich vergröfsert. Da Dynamon überdies auch noch gegen Reibung und Schlag vollständig unempfindlich ist, wählte der Kommandant der Pionierabteilung Dynamon als Sprengstoff. Für jeden Bohrschufs wurde die der Bohrlochtiefe entsprechende Munitionsmenge festgesetzt und mit der nötigen Anzahl von Dynamonpatronen im Zündplan angegeben. Es waren insgesamt für alle 31 Bohrschüsse 257 Patronen zu 0,1 kg erforderlich. Für jeden Bohrschufs war eine Dynamonpatrone als Sprengpatrone vorgesehen, die mit einer Sprengkapsel auszurüsten war, an welche eine Knallzündschnur von der entsprechenden Länge angebracht wurde. Ferner wurden

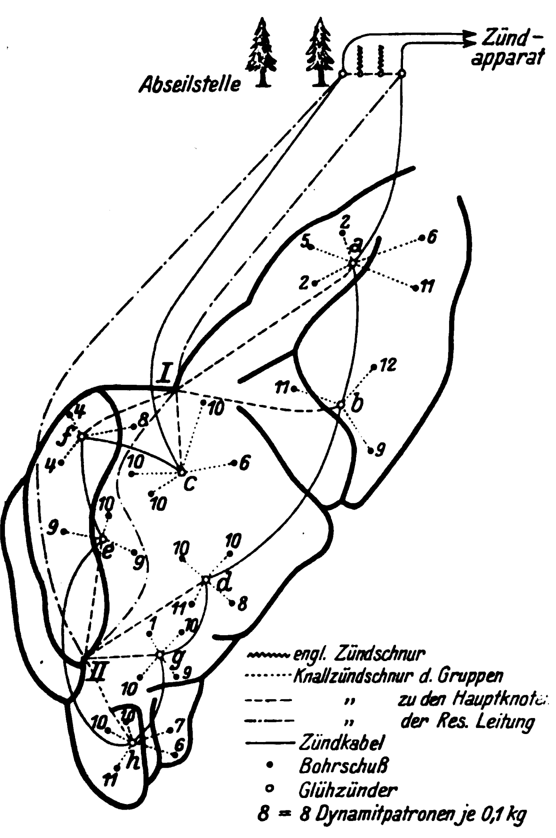


Abb. 2. Arbeits- und Zündplan.

im Zündplan noch folgende Anordnungen getroffen: Die Knallzündschnüre einer Gruppe von Bohrschüssen wurden zu einem Knoten vereinigt, in dessen Mitte ein Glühzünder angeordnet war. Die dafür erforderlichen acht Glühzünder wurden hintereinander in das Zündkabel der elektrischen Zündleitung eingeschaltet. Die Zündleitung wurde von dem im Unterstand befindlichen Zündapparat zu den Glühzündern der einzelnen Gruppen, wie im Plan angegeben, gelegt. (Die Glühzünder sind derart eingerichtet, dafs sie auch hintereinander geschaltet werden können, ohne dafs befürchtet werden mufs, dafs der Stromkreis der elektrischen Zündung vorzeitig unterbrochen wird und dafs infolgedessen eine Reihe von Schüssen gar nicht zur Explosion kommt.) Die auf elektrischem Wege hervorgerufene Explosion der acht Glühzünder wurde durch Knallzündschnüre auf alle Bohrschüsse gleichzeitig übertragen. Aufser der elektrischen Zündleitung wurde im Zündplane noch eine Reservezündleitung aus Knallzündschnüren vorgesehen, welche dann verwendet werden sollte, wenn die elektrische Zündung aus irgend einem Grunde versagte. Für die Legung dieser Reserveleitung wurden folgende Anordnungen getroffen: Die Reserveleitung wurde von der Abseilstelle aus in Gestalt einer Schleife bis zur unteren Felspartie gelegt. An beiden Enden (an der Abseilstelle) wurde sie durch Glühzünder mit der elektrischen Zündleitung verbunden. In der Reserveleitung wurden zwei Knoten — I und II — mit je einer Sprengkapsel angeordnet, der Knoten I durch Knallzündschnüre mit den Gruppen a, b, c, f, der Knoten II mit den Gruppen d, e, g, h verbunden. Die Reserveleitung sollte im Bedarfsfalle durch Abbrennen zweier englischen Zündschnüre von entsprechender Länge zur Wirkung kommen. Mithin war auch bei Verwendung der Reserveleitung die gleichzeitige Abfeuerung aller Bohrschüsse gesichert. Die Reserveleitung hätte auch dann Verwendung finden müssen, wenn infolge atmosphärischer Einflüsse — Gewitterbildung — das Legen der elektrischen Zündleitung zu gefährlich gewesen wäre. Dies war auch ein Grund dafür, dafs die Bohrschüsse selbst nicht für elektrische Zündung mit Glühzündern, sondern mit Sprengkapseln ausgerüstet wurden.

Diesem wohldurchdachten und ausgezeichnet ausgearbeiteten Arbeits- und Zündplane ist es in allererster Linie zu danken, dafs die Sprengung klaglos vor sich ging.

Am Nachmittag des 21. September wurde von der Mannschaft auf Grund des Zündplanes die Munition für jeden einzelnen Bohrschufs vorbereitet und mit der Nummer des zugehörigen Bohrloches gekennzeichnet, das Zündkabel, die Reserveleitung und die Knallzündschnüre wurden abgelängt und gleichfalls nach den Gruppen bezeichnet.

Durch diese Vorbereitungen waren Irrtümer bei den Ladearbeiten vollkommen ausgeschlossen.

Von der Bahnverwaltung wurden die längs der Bahnstrecke verlaufenden Telegraphen- und Telephonleitungen vorübergehend auf das gegenüberliegende rechte Ennsufer verlegt.

Am 22. September um 7 Uhr 30 Min. früh wurde die Strecke zwischen Johnsbach und Gesäuseeingang gesperrt, die Schienen im Gefahrbereiche wurden entfernt, der übrige Oberbau mit alten Schwellen und Rundhölzern abgedeckt, die Signalleitungen abgetragen. Vorher schon war die Munition von Bahnarbeitern zur Sprengstelle hinaufgeschafft worden. Unmittelbar nach Einstellung des Verkehrs wurde mit den Ladearbeiten begonnen.

Die drei Sprengmeister wurden mit ihren Helfern abgeseilt und vollführten nun in fast vierstündiger Arbeitszeit in schwindelnder Höhe sachgemäfs ruhig und kaltblütig die Ladearbeiten. An einzelnen Stellen wurden die Zündleitungen an Mauerhaken befestigt, damit sie nicht reifsen konnten. Die Arbeit war für die Sprengmeister und ihre Helfer aufserordentlich mühsam und anstrengend und wurde durch den abrieselnden Staub und die ab und zu trotz gröfster Vorsicht abgehenden Steine sehr erschwert. Trotzdem vollzog sich die ganze Arbeit vollkommen plangemäfs ohne Störung und ohne jeden Unfall.

Nach Beendigung der Ladearbeiten wurde die elektrische Zündleitung von der Abseilstelle bis zum Zündapparat, der im Unterstand untergebracht war, gelegt.

Um 11 Uhr 30 Min. langte in der Talstation die telephonische Meldung ein, dafs alles zur Zündung bereit sei, worauf nach Eingang der Meldung über die erfolgte Absperrung des gefährdeten Raumes um 11 Uhr 40 Min. auf telephonischem Wege der Befehl zur Zündung gegeben wurde. Unmittelbar darauf erfolgte die Explosion aller Bohrschüsse zu gleicher Zeit. Die elektrische Zündung hatte sich ausgezeichnet bewährt.

Im Augenblicke der Sprengung erhob sich an der Sprengstelle eine grofse Staubwolke, die auch den Weg bezeichnete, welchen die abstürzenden Felsmassen nahmen. Wo früher der Felsen war, konnte man nunmehr einen grofsen hellen Fleck sehen.

Bei einer genauen Besichtigung der Sprengstelle ergab sich, dafs ungefähr 600 m³ abgesprengt worden waren. Alle losen Teile waren zwar noch nicht zum Absturz gekommen, doch wurde die im Innern des Felsens verlaufende senkrechte Lasse soweit frei gelegt und erweitert, dafs die Absprengung der noch losen Teile keine besonderen Schwierigkeiten mehr bot.

Nach der Sprengung liefsen sich die kletterkundigen Bahnarbeiter über die Sprengstelle abseilen und lösten mit Brechstangen die lose sitzenden Felsblöcke aus dem Gefüge der Wand.

Die Bahnanlagen wurden durch die abstürzenden Felstrümmer nur wenig beschädigt. Nach Beendigung der Abräumarbeiten wurde das Gleis geschlossen, um die bei Nacht verkehrenden Personenzüge ohne Umsteigen durchleiten zu können.

Am folgenden Tage schritt man daran, den restlichen Teil des Felsstückes abzusprengen. Der durchgehende Zugverkehr wurde wieder eingestellt und der Oberbau wie tagsvorher geschützt.

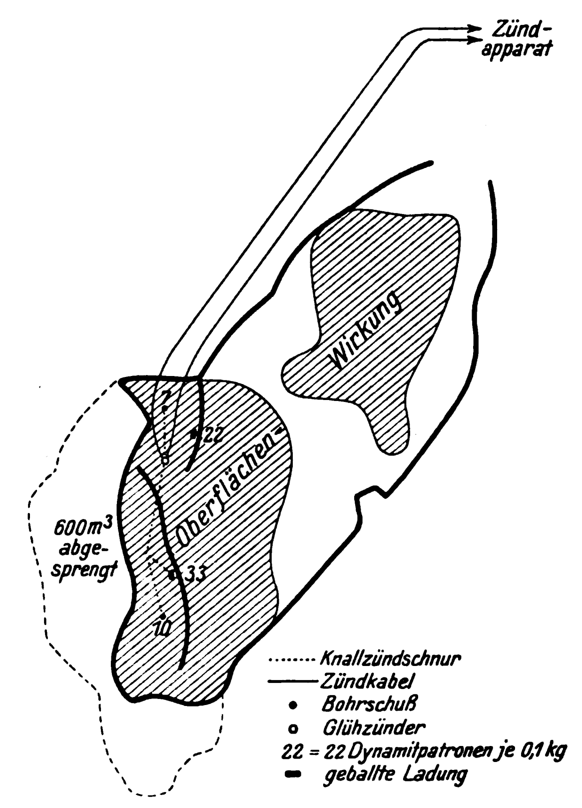


Abb. 3. Ausdehnung der Sprengwirkung.

Bei der bevorstehenden Sprengung handelte es sich hauptsächlich darum, eine noch stehen gebliebene senkrechte Felsplatte, von 15 bis 20 m Höhe, beiläufig 4 m Breite und 3 m Stärke, die durch einen, stellenweise handbreiten, etwa 2 m tiefen Spalt vom festen Fels getrennt war, znm Absturz zu bringen, wobei die über und unter der Platte befindlichen noch losen Teile mit in die Tiefe gerissen werden sollten. Der Spalt setzte sich nach oben in Form eines Risses fort und verlor sich schliefslich im festen Fels. Das Abstürzen der Platte sollte durch Abfeuern von geballten Munitionsladungen in dem vorhandenen Spalt erreicht werden.

Von den Bahnarbeitern wurden im Laufe des Tages noch zwei Bohrlöcher für Bohrschüsse mit Handbohrern hergestellt, welche den Zweck hatten, durch die gleichzeitige Abfeuerung der geballten Ladung und der Bohrschüsse die Ablösung der Platte zu erleichtern und den Fels zu zersplittern. Das eine Bohrloch war im unteren Teile, das andere im obersten Teil der abzusprengenden Felspartie angeordnet (Abb. 3). Der erwähnte, nach oben verlaufende Rifs wurde noch an einer geeigneten Stelle mit Bohrern und Brechstangen soweit erweitert, dafs in dem entstandenen Hohlraum eine gröfsere Sprengladung untergebracht werden konnte.

Nach Vollendung der Bohrarbeiten liefsen sich zwei Sprengmeister mit je einem Helfer abseilen. Beide hatten je einen Bohrschufs zu laden und je eine geballte Munitionsladung in den Spalt so tief als möglich zu versenken. Als Sprengstoff wurde diesmal, abgesehen von den vier als Sprengpatronen ausgerüsteten Dynamonpatronen, Dynamit gewählt. Da nur vier Schüsse gleichzeitig abzufeuern waren, war die Wahrscheinlichkeit, dafs Versager vorkommen könnten, sehr gering. Es bestand somit keine zwingende Notwendigkeit, einen Sicherheitssprengstoff zu verwenden. Da aber die beiden in dem Spalt oder Rifs anzubringenden Schüsse nicht verdämmt werden konnten und Dynamon in unverdämmter Ladung bei weitem nicht so viel Sprengkraft besitzt wie Dynamit, so wählte man dieses. Zu den vier Schüssen wurden wieder Knallzündschnüre gelegt, die durch einen Glühzünder mittels der elektrischen Zündleitung zur Explosion gebracht werden konnten. Eine Reserveknallzündschnurleitung wurde diesmal nicht gelegt. Im ganzen wurden 72 Dynamitpatronen zu 0,1 kg und vier Dynamonpatronen verwendet.

Die Zündung gelang abermals vorzüglich, die Wirkung der Sprengung war gut. Die ganze lose Felsplatte mit allen lassigen Felspartien über und unter ihr (insgesamt schätzungsweise 400 m³) wurden in die Tiefe gestürzt, ohne dafs weitere Felsteile in ihrem Gefüge gelockert wurden.

Bei der zweiten Sprengung konnten auch bemerkenswerte Beobachtungen über die Ausdehnung des Gefahrbereiches gemacht werden. Der gröfste Teil der abgesprengten grofsen Steine stürzte fast gleichzeitig in die Enns, wodurch das Wasser haushoch emporspritzte. Ein kopfgrofser Stein wurde wagrecht etwa 300 m weit geschleudert, ein Felsblock von etwa 2 m³ Gröfse zerschellte knapp oberhalb der Bahn in der Wand in mehrere Stücke, von denen eines mit beiläufig $^1/_3$ m³ Rauminhalt die Enns übersprang und auf der rechtsufrigen Sandbank mehrmals aufspringend noch 25 m weit kollerte. Er erreichte ebenfalls eine Wurfweite von 300 m. Nach der Sprengung räumten die Bahnarbeiter wieder die Felswand ab, worauf die Strecke frei gemacht wurde.

Die Sprengung hatte nicht nur einen vollen Erfolg gebracht, sondern es waren auch alle anderen eingangs erwähnten Bedingungen eingehalten worden, ein Beweis, dafs der gewählte Arbeitsvorgang, sowie die Durchführung der Sprengung in jeder Hinsicht vollkommen zweckentsprechend waren. Nicht unerwähnt soll bleiben, dafs sich alle Arbeiten dank der umsichtigen Leitung und der Geschicklichkeit der Pionier- und Eisenbahnmannschaft ohne den geringsten Unfall vollzogen.

Die im Eigenbetriebe durchgeführten Herstellungen, sowie die Beigabe von Helfern bei den Ladearbeiten verursachten folgenden Aufwand an Arbeitsstunden:

Vorarbeiten, Bohren der Löcher, Herstellen der Abseilstelle und Unterstände 1040 Stunden,

Mithilfe beim Laden der Bohrschüsse, Auf- und Abseilen der Sprengmeister und ihrer Helfer 60 Stunden,

Abtragen und Wiederherstellen des Oberbaues an den beiden Sprengtagen 150 Stunden,

Abräumen der Lehnen nach der Sprengung 1300 Stunden.

Instandsetzen der Schnee- und Steinfänge in den beiden Runsen 400 Stunden. Zusammen also 2950 Stunden.

Für die beiden Sprengungen ergab sich folgender Verbrauch an Sprengstoffen: 26,1 kg Dynamon, 7,2 kg Dynamit, 320 m Knallzündschnüre, 125 m Zündkabel, 37 Stück Sprengkapseln, 11 Glühzünder, 8 m englische Zündschnur.

Neuerungen auf dem Gebiete des Signalwesens.

Von Oberinspektor Ing. **Rumpf**, Generaldirektion der Österreichischen Bundesbahnen.

Hierzu Tafel 46.

A. Das elektrische Mittelstellwerk für Bahnhöfe mit geringem Verschiebedienst.

Auf kleinen Bahnhöfen, wo nur wenige Züge Verschiebefahrten durchzuführen haben, erscheint es unzweckmäfsig, an den beiden Bahnhofsenden Stellwerke zur Bedienung der Weichen und Signale zu errichten. Die Aufstellung eines mechanischen Mittelstellwerks scheitert meist an dem Umstande, dafs die Weichen an den beiden Bahnhofsenden über das Mafs der möglichen Stellweite hinaus entfernt sind. Überdies bieten solche Stellwerke auch keine ausreichende Ausnützungsmöglichkeit des bedienenden Wärters. Wenn täglich nur ein bis zwei Züge Verschiebebewegungen durchzuführen haben, so wird auf solchen kleinen Bahnhöfen mit ihrer geringen Weichenanzahl die Tätigkeit eines Stellwärters nur in geringem Mafse in Anspruch genommen. Es fragt sich daher, ob diese Tätigkeit nicht unter gewissen Voraussetzungen für die planmäfsigen Zugfahrten dem Fahrdienstleiter und für den Verschiebedienst den Zugbegleitern übertragen werden kann. Die in den Bahnhöfen Stams und Silz der Linie Innsbruck—

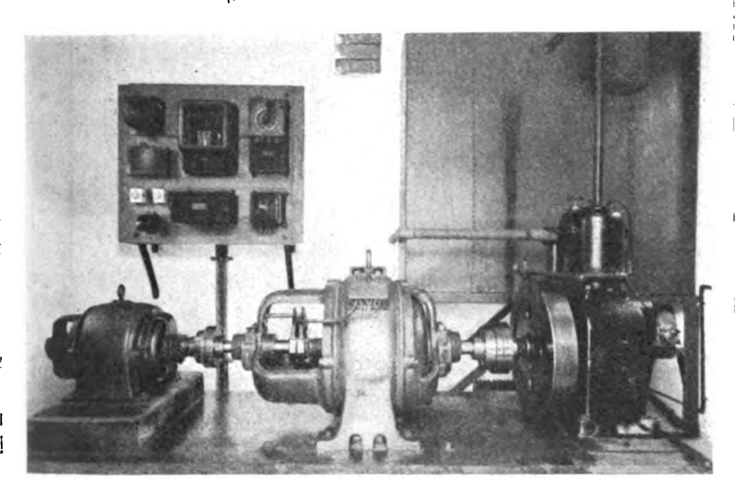


Abb. 1. Benzin-Aushilfsmaschine für das elektrische Mittelstellwerk in Stams.

Feldkirch aufgestellten elektrischen Mittelstellwerke der Bauart A. E. G., Berlin, ermöglichen es ohne weiteres, diese Dienstobliegenheiten so zu verteilen; sie erweisen sich daher durch die Entbehrlichkeit der Stellwerkwärter als aufserordentlich wirtschaftlich. Für die planmäfsigen Zugfahrten stellt der Fahrdienstleiter die Fahrstrafse und mit ihr selbsttätig — falls sich die Weichen nicht ohnedies in der richtigen Stellung befinden — die zur Fahrstrafse gehörigen befahrenen und ablenkenden Weichen, sowie die Signale durch Betätigung eines Fahrstrafsen- und eines Signalschalters. Diese geringfügigen Handgriffe für jede Fahrt können dem Fahrdienstleiter anstandslos übertragen werden. Für die Durchführung des Verschubes an den beiden Bahnhofsenden, die ein öfteres Umstellen der Weichen allein (ohne Signalbedienung) bedingt, ist durch die Anordnung je eines Ortsschalters Sorge getragen. Die Betätigung der Ortsschalter wird erst möglich, wenn das Stellwerk in der Fahrdienstleitung vollkommen ausgeschaltet und der sonst in diesem befindliche Steckschlüssel in den Ortsschalter eingeführt wurde. Ebenso wird der Regelzustand des Stellwerks dadurch wieder hergestellt, dafs der Steckschlüssel vom Ortsschalter abgezogen und wieder in das Bahnhofstellwerk eingeführt wird.

Da die Strecke Innsbruck—Feldkirch elektrische Zugförderung hat, wird der für die Bedienung der Signale und Weichenantriebe, sowie für die Überwachung und Überprüfung notwendige Strom aus der Fahrleitung (15000 Volt, Einphasen-Wechselstrom, $16^2/_3$ Perioden) entnommen und auf die notwendigen Spannungen von 220, 160 und 50 Volt herab um-

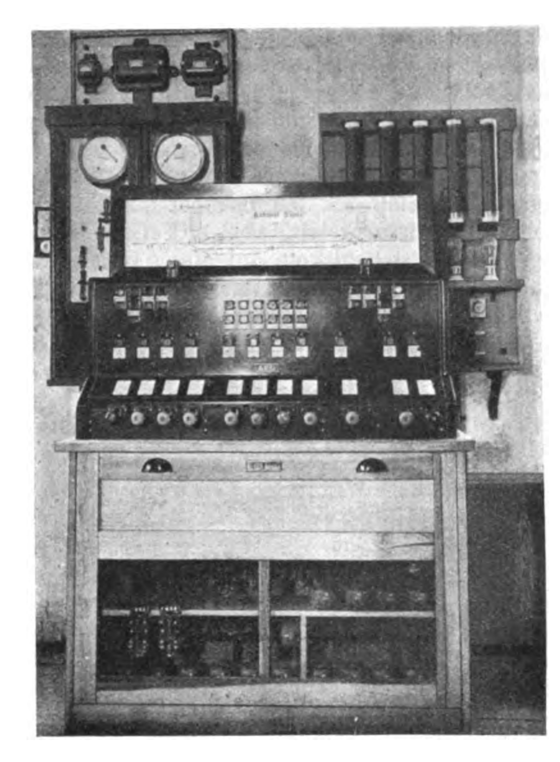


Abb. 2. Elektrisches Mittelstellwerk in Stams.

gespannt. Der Anschlufs an die Fahrleitung ist abschaltbar eingerichtet und entsprechend gesichert. Um die Sicherungsanlage nicht aufser Betrieb setzen zu müssen, wenn einmal Störungen in der Freileitung auftreten oder vorübergehend der

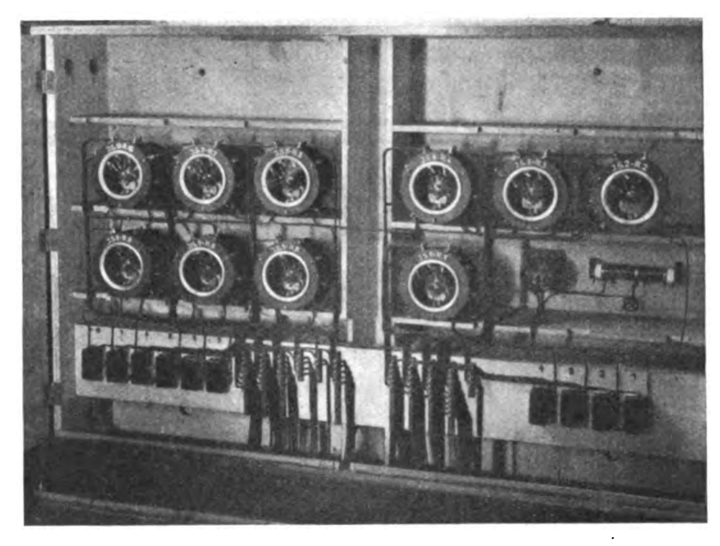


Abb. 3. Anordnung der Wechselstromrelais beim elektrischen Mittelstellwerk in Stams.

Dampfbetrieb wieder eingeführt werden mufs, wurde zur Aushilfe ein aus Motor, Erreger und Generator bestehender Maschinensatz aufgestellt (Textabb. 1). Obwohl die beiden Anlagen in den Bahnhöfen Stams und Silz bereits November 1926 in Betrieb

genommen wurden, hat sich bis heute noch nie die Notwendigkeit ergeben, die Aushilfsmaschine in Betrieb zu nehmen. Es wurde jedoch angeordnet, dafs die Erhaltungsbeamten in gewissen Zeiträumen die Aushilfsmaschine in Gang setzen und sich dadurch überzeugen sollen, dafs sie anstandslos wirkt. Als Signale wurden Licht-Tagesignale gewählt, da sich diese bei einer Kraftstellanlage leichter schalten und überprüfen lassen und sich daher als wirtschaftlicher gegenüber den Flügelsignalen erweisen. Mafsgebend für diese Wahl war aber namentlich der Umstand, dafs bei Licht-Tagesignalen eine Beeinflussung der Sicht durch die Maste der Fahrleitung in wesentlich geringerem Mafse eintritt als bei Flügelsignalen. Die Auflösung der Fahrstrafse wird beim Befahren der isolierten Einfahr- und Ausfahrweichen selbsttätig mit Hilfe von Wechselstromrelais bewirkt. Die Textabb. 2 und 3 zeigen das Stellwerk am Bahnhof Stams und die Anordnung der Wechselstromrelais, Abb. 1, Taf. 46 die Verschlufstafel für diese Kraftstellanlage. Auf dieser ist als Beispiel die Einstellung und Sicherung der Zugfahrten Innsbruck — Bludenz sowie die Durchführung des Verschiebedienstes mit Hilfe des Ortsschalters II dargestellt. Die Wirkungsweise der Relais und die Auflösung der durchgeführten Fahrt sind gleichfalls ersichtlich.

B. Warnsignalanlagen bei nichtabgeschrankten Wegübergängen in Schienenhöhe.

Viele Schranken bei Wegübergängen konnten bisher deswegen nicht aufgelassen werden, weil die von der Eisenbahnaufsichtsbehörde verlangte Sicht vom Weg auf die Bahn nicht vorhanden ist. Diese mufs so grofs sein, dafs beim Erblicken des Zuges auf diese Sichtweite das längste ortsübliche Fuhrwerk bei einer Geschwindigkeit von 0,8 m/Sek. den Gefahrenraum beim Wegübergang gänzlich räumen kann, bevor der mit der gröfsten Geschwindigkeit auf der Strecke verkehrende Zug den Wegübergang erreicht hat. Diese Sichtweite braucht nicht vorhanden zu sein, wenn beim Wegübergang eine Warneinrichtung die Annäherung des Zuges auf die angegebene Entfernung anzeigt.

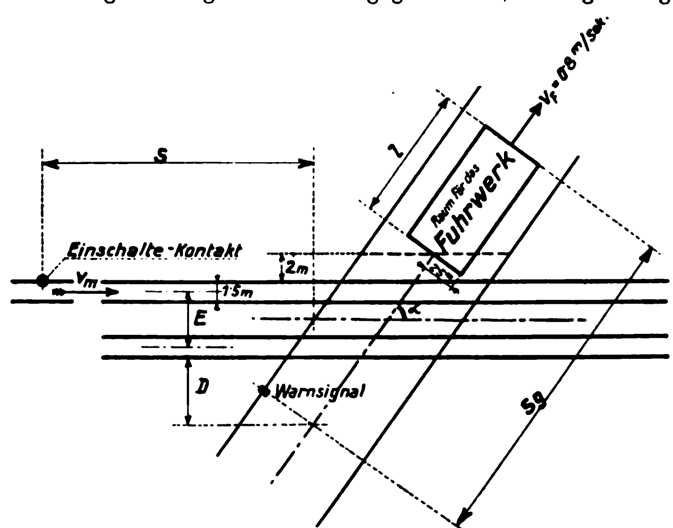


Abb. 4. Räumliche Anordnung des Einschalte-Kontaktes einer Warnsignalanlage.

Diese Entfernung berechnet sich für die doppelgleisige Strecke wie folgt:

$$s = V_m \, . \, t_z$$

wobei V_m die mafsgebende Zuggeschwindigkeit auf der betreffenden Strecke (das ist: die gröfste zulässige Fahrgeschwindigkeit, für Gefällstrecken um entsprechende Sicherheitszuschläge vermehrt) und t_z die Zeit bedeutet, die dieser Zug bis zum Wegübergang braucht. Ferner gilt die Gleichung

$$s_g = v_f \, . \, t_f$$

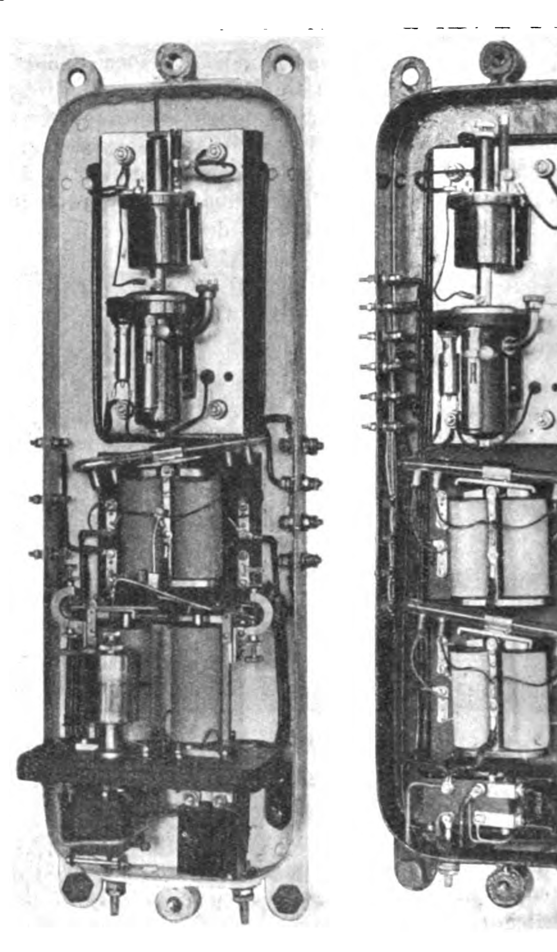
wobei s_g die Länge des Weges im Gefahrenraum, v_f die Geschwindigkeit des Fuhrwerks (0,8 m/Sek.), t_f die Zeit bedeutet, welche das längste ortsübliche Fuhrwerk zum Durchmessen des Gefahrenweges auf der Wegübersetzung braucht. Da die Zeiten t_z und t_f einander gleich sein müssen, um der früher erwähnten Bedingung zu entsprechen, so ergibt sich

$$\frac{s}{V_m} = \frac{s_g}{0.8} \text{ und } s = \frac{V_m}{0.8} \, . \, s_g .$$

Da V_m in km/Std. ausgedrückt ist, so wird bei Umänderung des Ausdruckes in m/Sek.

$$s = \frac{V_m}{3{,}6 \, . \, 0{,}8} \, . \, s_g = \frac{V_m}{2{,}88} \, . \, s_g .$$

Der Gefahrenweg s_g beginnt mit dem Erreichen des Warnsignales und endet, wenn der letzte Teil des Fuhrwerkes 2 m



Schalter der Warnsignalanlage Bauart J. Kremenezky.
Abb. 5. Eingleisige Bahn. Abb. 6. Zweigleisige Bahn.

von der nächstgelegenen Schiene entfernt ist. Er berechnet sich daher unter Berücksichtigung der nachstehenden Skizze in folgender Weise:

$$s_g = \frac{D + E + 1{,}50 + 2{,}00}{\sin a} + l + 2{,}5 \, . \, \text{ctg}\, a$$

wobei l die Länge des gröfsten ortsüblichen Fuhrwerkes, a den Winkel zwischen der Richtung der Bahn und der des Wegüberganges darstellt. Dieser Wert reduziert und in die früher abgeleitete Formel eingesetzt ergibt die verlangte Entfernung

$$s = \frac{V_m}{2{,}88}\left(\frac{D + E + 3{,}5}{\sin a} + l + 2{,}5 \text{ ctg}\, a\right) + V_m k.$$

Aus Sicherheitsgründen wird noch ein Zuschlag von $V_m \, . \, k$ beigefügt, wobei k für Fufsgänger mit 1, für Fuhrwerke bis 9 m Länge mit 1,5 und für solche mit einer Länge über dieses Mafs hinaus mit 2,0 anzunehmen ist. Günstige Neigungsver-

hältnisse oder geringe Verkehrsdichte gestatten eine Herabminderung des berechneten Mafses $V_m k$. Für die eingleisige Strecke ist $E = 0$ und daher

$$s = \frac{V_m}{2,88}\left(\frac{D + 3,5}{\sin \alpha} + l + 2,5 \operatorname{ctg} \alpha\right) + V_m k.$$

Es mufs daher, wenn sich der Zug auf s Meter der Wegübersetzung genähert hat, den Passanten durch die Warnsignaleinrichtung ein Warnzeichen gegeben werden. Grundsätzlich bestehen solche Einrichtungen aus den durch den Zug zu betätigenden Ein- und Ausschaltevorrichtungen und aus der beim Wegübergang angebrachten Schalt-, Blink- und Läuteeinrichtung. Die Österreichischen Bundesbahnen haben acht Wegübergänge versuchsweise mit Warnsignalanlagen ausgerüstet beim Befahren des Einschaltkontaktes für die Züge der Gegenrichtung unschädlich zu machen. Die Lösung wurde durch die Firma J. Kremenezky in der Weise gefunden, dafs die Betätigung eines sogenannten Fahrtrichtungsrelais die Betätigung des Einschaltkontaktes der Gegenrichtung unwirksam macht und daher keine neuerliche Einschaltung der Warnsignale bewirkt. Bei der Einrichtung der Firma Siemens und Halske wird die Möglichkeit einer Schaltung beim Befahren des Einschaltkontaktes der Gegenrichtung durch die Reihenfolge der Schaltvorgänge beseitigt, indem das Befahren des Einschaltkontaktes die Warnsignalanlage einschaltet, das Befahren des Kontaktes bei der Wegübersetzung die Ausschaltung der Anlage und das Befahren des Gegenkontaktes und der stromdichten Schiene die Wiederherstellung des Ruhezustandes bewirkt, und zwar erst nach dem Verlassen der stromdichten Schiene. Die Schaltung ist dabei derart, dafs die stromdichte Schiene erst beim Befahren eingeschaltet wird, so dafs die Ableitung derselben für den Stromverbrauch keine Rolle spielt.

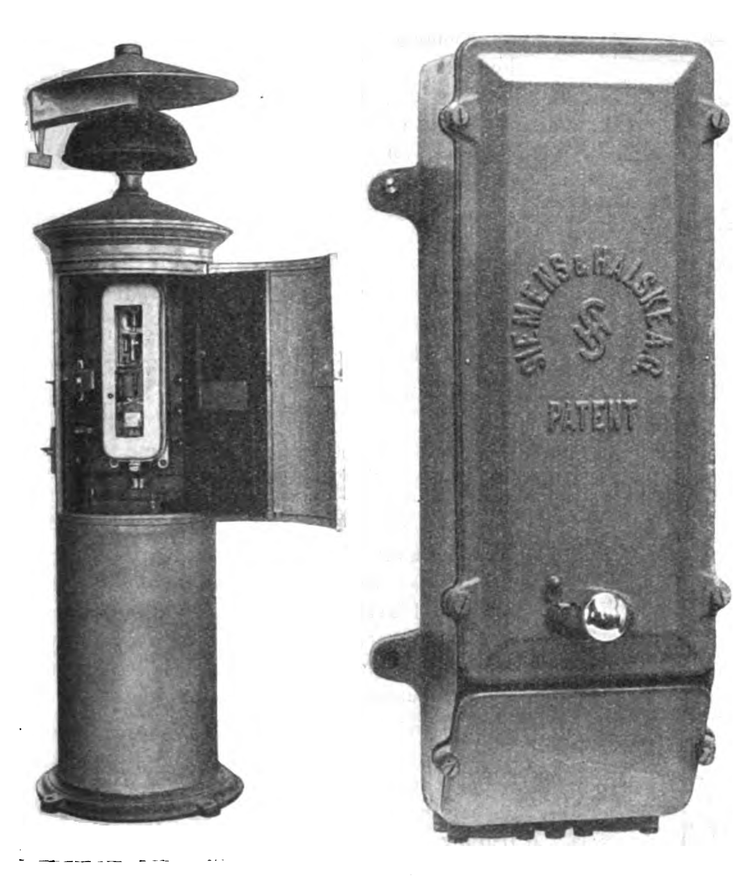
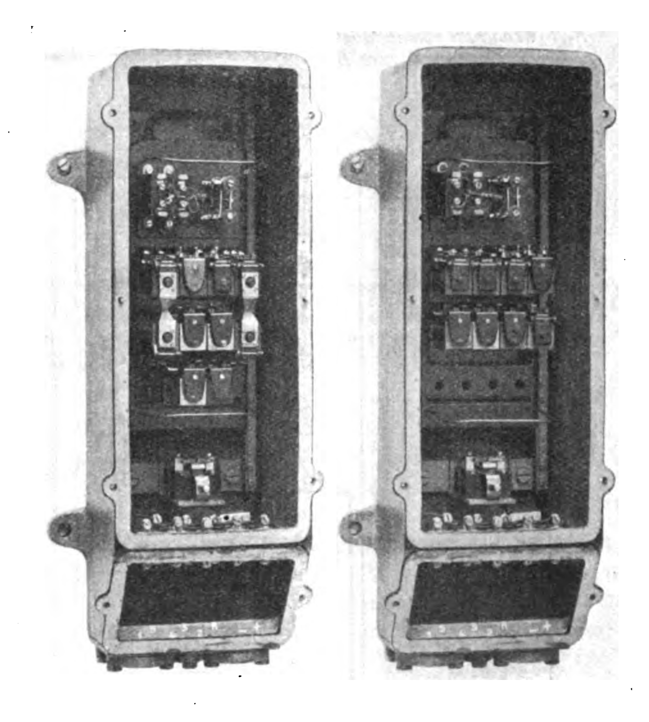


Abb. 7. Warnsignal Bauart Kremenezky in einer Glockenbude.

Abb. 8. Warnsignal Bauart Siemens u. Halske. Schutzkasten mit Notschalter.



Warnsignalanlage Bauart Siemens u. Halske.
Abb. 9. Mit Stützrelais. Abb. 10. Mit doppelt gewickeltem Relais.

und zwar wurden die Bauarten von J. Kremenezky sowie von Siemens und Halske eingehend erprobt. Die durch den Zug zu betätigenden Ein- und Ausschaltvorrichtungen sind im allgemeinen Quecksilberstromschliefser und zwar solche der Bauart Siemens-Südbahnwerke (Lagerplattenstromschliefser). Die Versuche haben ergeben, dafs diese gegenüber den bisher verwendeten Stromschliefsern der Bauart Siemens und Halske weitaus vorzuziehen sind, namentlich dann, wenn zur gröfseren Sicherheit zwei solcher Stromschliefser parallel geschaltet werden. Stromdichte Schienen werden nur bei der Bauart Siemens und Halske und nur zu dem Zweck verwendet, um die Wiederherstellung des Ruhezustandes der Schaltanlage bei eingleisigen Linien nach vollständig durchgeführter Überfahrung des Einschaltkontaktes für die Gegenrichtung zu erreichen.

Die Schwierigkeit der Schaltung bestand hauptsächlich in der Notwendigkeit, bei eingleisigen Strecken die Kontaktgebung

Die Stromquelle hat somit bei beiden Bauarten einen doppelten Zweck zu erfüllen, nämlich einerseits die Betätigung der Schalteinrichtungen und anderseits die Betätigung der Warnsignaleinrichtungen. Diese letzteren wurden in allen Fällen in doppelter Weise und zwar sowohl als optische (weifses Blinklicht) als auch als akustische (Weckerzeichen oder Glockenschläge) ausgebildet.

Das Lichtsignal ist an Pfählen auf jeder Seite des Wegüberganges angebracht. Die Textabb. 5 und 6 zeigen die Inneneinrichtung der Schaltanlage für eine eingleisige und für eine zweigleisige Linie, Bauart Kremenezky. Bei beiden sind oben die Blinkeinrichtung (ein Selenoid mit Quecksilberkontakt), darunter bei Textabb. 5 das Schalt- und das Fahrtrichtungsrelais, bei Textabb. 6 (zweigleisige Linie) die beiden Schaltrelais ersichtlich. Textabb. 7 zeigt eine solche Anlage unter Verwendung einer Glockensignalbude.

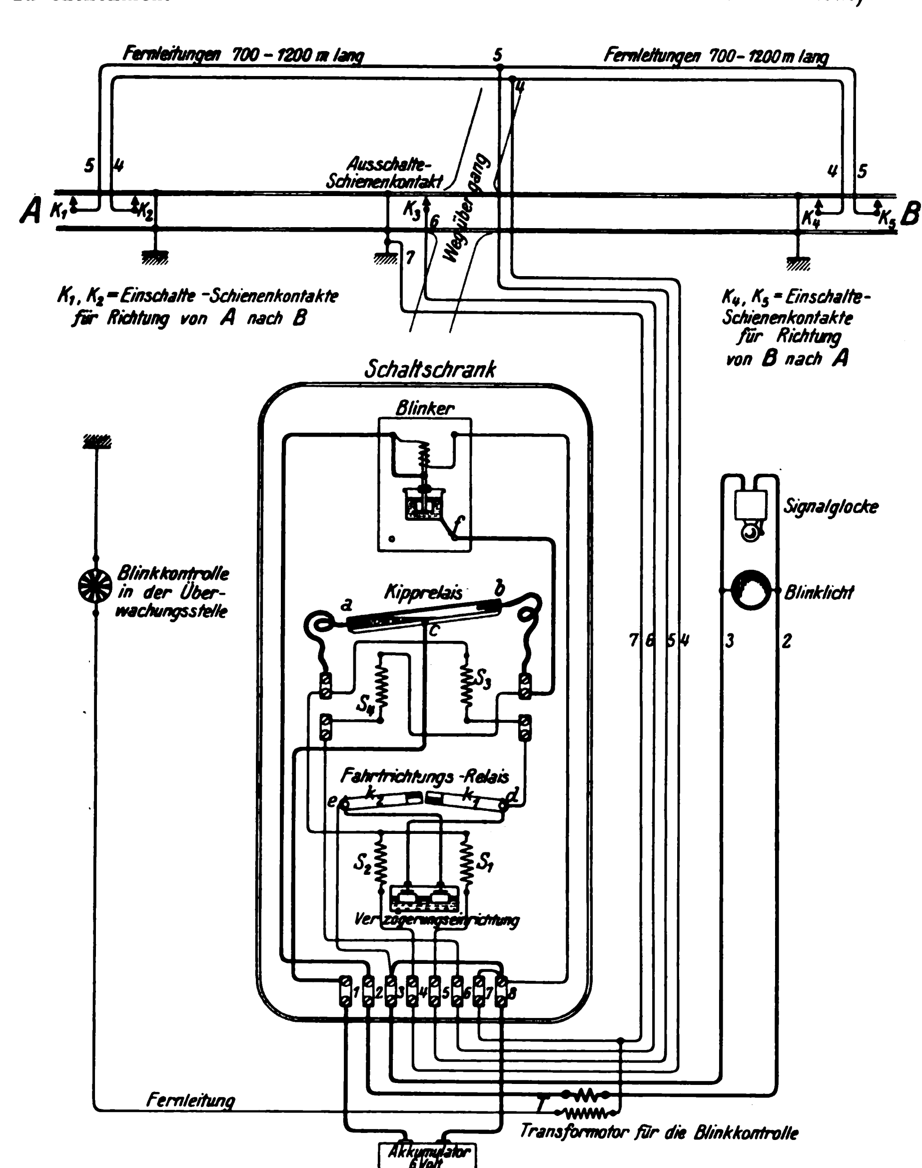
Textabb. 8 zeigt einen Schutzkasten der Schalteinrichtung Bauart Siemens und Halske mit der Notschalttaste, die Text-

abb. 9. und 10 zeigen die Schaltrelais und die Relaiskette für die Blinkeinrichtung dieser Anlage. In Textabb. 9 sind als Ein- und Ausschaltrelais sogenannte Stützrelais verwendet, die den Vorteil haben, dafs die Stromentnahme nur einen Augenblick andauert, da dann sofort die Stütze des zweiten Relais in Wirksamkeit tritt und damit ein mechanisches Halten des ersten Relais bei gleichzeitiger Stromunterbrechung bewirkt. In Textabb. 10 sind die Stützrelais ersetzt durch Relais mit Doppelwicklung. Die Einzelheiten der Schaltung und die Beschreibung der Schaltvorgänge sind den Textabb. 11 und 12 zu entnehmen.

C. Schutz- und Sparschaltungen bei Blockanlagen.

Die Einführung der elektrischen Zugförderung bedingt umfassende Schutzmafsnahmen für alle Fernmeldeeinrichtungen, namentlich aber für die Blockleitungen bei denen allfällige Fehlwirkungen besonders gefährlich werden können. An den Blockanlagen müssen die Schutzeinrichtungen drei Teile erfassen und zwar:

1. Die Fahrstrafsenverschlüsse und Ausfahrsignale,
2. die Einfahrsignale und den Blockstreckenanschlufs, endlich
3. die Hilfseinrichtungen (Blockrelais, stromdichte Schienen usw.)



Zug fährt von A nach B.

1. Kontakt K_1 wird befahren:

Stromverlauf: Erde — K_1 — Fernleitung 5 — Klemme 5 — Relaisspule S_1 — Kipprelaiskontakt a — Achspunkt c — Klemme 1 — Akkumulator — Klemme 8 — Klemme 7 — Erde. Die stromdurchflossene Relaisspule S_1 zieht den Anker k_1 an.

2. Kontakt K_2 wird unmittelbar darauf befahren:

Stromverlauf: Erde — K_2 — Fernleitung 4 — Klemme 4 — Relaisspule S_2 — Kipprelaiskontakt a — Achspunkt c Klemme 1 — Akkumulator — Klemme 8 — Klemme 7 — Erde. Relaisspule S_2 zieht Anker k_2 an. Anker k_1 und k_2 liegen nunmehr mit ihren stromleitenden Enden aufeinander. Einschaltestromkreis dadurch geschlossen.

3. Verlauf des Einschaltestromkreises.

Akkumulator — Klemme 1 — Achspunkt c — Kipprelaiskontakt a — Kipprelaisspule S_3 — Kontaktpunkt d — Anker k_1 und k_2 — Kontaktpunkt e — Klemme 3 — Klemme 8 — Akkumulator. Die stromdurchflossene Kipprelaisspule S_3 steuert das Relais um, Relaiskontakt a wird unterbrochen, somit auch der Einschaltestromkreis, jedoch Warnsignalstromkreis geschlossen.

4. Verlauf des Warnsignalstromkreises:

Akkumulator — Klemme 1 — Achspunkt c — Relaiskontakt b — Blinkerkontakt f — Klemme 2 — Leitung 2 — Blinklicht und Signalglocke — Leitung 3 — Klemmme 3 — Klemme 8 — Akkumulator. Mit der Betätigung des Blinkers (Stromschlufs und Unterbrechung) unterbricht auch Licht und Glocke in den gleichen Zeiten.

5. Ausschaltekontakt K_3 wird befahren:

Stromverlauf: Erde — K_3 — Leitung 6 Klemme 6 — Kipprelaisspule S_4 — Relaiskontakt b — Achspunkt c — Klemme 1 — Akkumulator — Klemme 8 — Klemme 7 — Erde. Die stromdurchflossene Kipprelaisspule S_4 steuert das Relais um, Relaiskontakt b wird unterbrochen, Warnsignalstromkreis desgleichen, daher Herstellung des Ruhezustandes.

6. Kontakte K_4 und K_5 (das sind Einschaltekontakte für die Gegenrichtung) werden nacheinander befahren:

Nach dem bei 1. und 2. Beschriebenen werden nunmehr die Anker k_2 und k_1 in dieser Reihenfolge angezogen und legen sich jetzt mit den isolierten Enden aufeinander, Einschaltestromkreis bleibt daher an dieser Stelle unterbrochen. Infolge der Verzögerungseinrichtung im Fahrtrichtungsrelais verharren die Anker k_2 und k_1 in dieser Lage, solange der Zug über die Kontakte K_4 und K_5 fährt, obwohl hierbei die Kontakte entsprechend der Achsanzahl des Zuges fortwährend geschlossen und geöffnet werden.

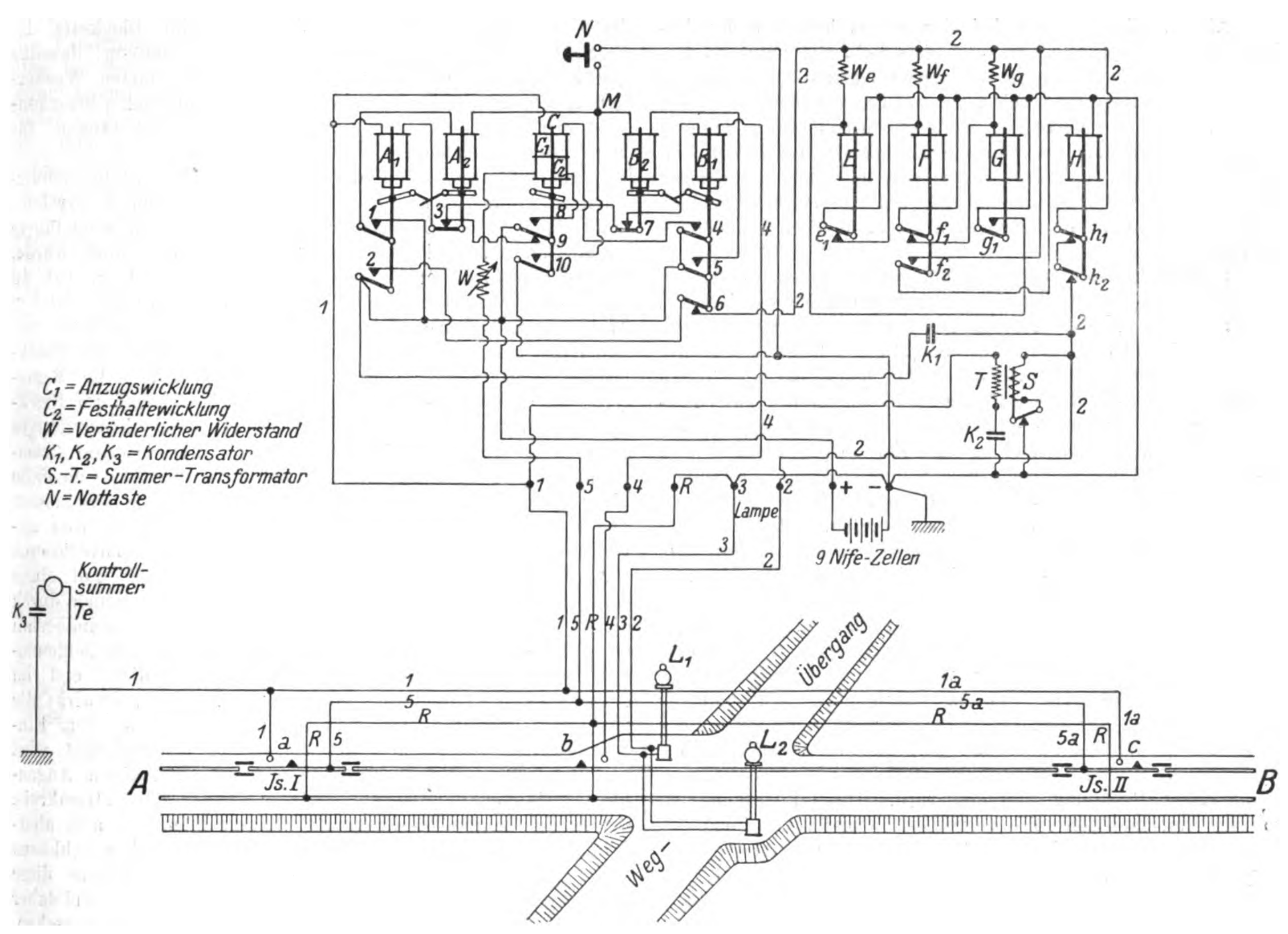
Zug fährt von B nach A.

Die unter 1. bis 6. beschriebene Wirkungsweise wiederholt sich sinngemäfs.

Blinkkontrolle.

In der Überwachungsstelle (Bahnhofleitung, Stellwerk usw.) wird vermittelst des im Warnsignalstromkreis eingebauten Transformators T ein Schauzeichen (Lampe, Klingel) betätigt.

Abb. 11. Schaltung der Warnsignaleinrichtung bei unbewachten Wegübergängen für eingleisige Bahnen. (Bauart J. Kremenezky.)



Zug fährt von A nach B.

1. Schienenkontakt a wird befahren:

Stromverlauf: + Batterie, Kontakt 9, 3, Relais A_1, Leitung 1, Schienenkontakt a, Zugachse, Leitung R, — Batterie. Der Anker des Relais A_1 wird angezogen, der Anker des Relais A_2 fällt ab und unterbricht den Stromkreis bei Kontakt 3. Relais A_1 in angezogener Stellung mechanisch durch abgefallenes Relais A_2 abgestützt, Relais A_1 schliefst über Kontakt 2 die Blinkeinrichtung (Relais EFGH) über Kontakt 6 und Leitung 2 an die Stromquelle an. Blinkeinrichtung bringt über Leitung 2 die Licht- und Läutesignale L_1 und L_2 in Tätigkeit. Stromverlauf für die Kontrolle über T, Leitung 1, Kontrollsummen Te, K 3, Erde, K 2, T.

2. Schienenkontakt b beim Wegübergang wird befahren:

Stromverlauf: + Batterie, Kontakt 9, 3, 7, Relais B_1, Leitung 4, Schienenkontakt b, Zugachse, Leitung R, — Batterie. Der Anker des Relais B_1 wird angezogen, der Anker des Relais B_2 fällt ab und unterbricht den Stromkreis bei 7. Relais B_1 in angezogener Stellung mechanisch durch Relais B_2 abgestützt. Relais B_1 unterbricht durch Öffnen des Kontaktes 6 den Stromkreis zur Blinkeinrichtung. Licht- und Läutesignale hören auf.

3. Schienenkontakt c wird befahren.

Stromverlauf: + Batterie, Kontakt 4, Anzugswicklung des Relais C, Leitung 1, 1a, Schienenkontakt c, Zugachse, Leitung R, — Batterie. Der Anker des Relais C wird angezogen. Haltewicklung C_2 erregt über: + Batterie, Kontakt 8, C_2, Widerstand W, Leitung 5, 5a, J. S. II, Zugachse, Leitung R, — Batterie. Relais C bleibt solange angezogen bis die letzte Zugachse die isolierte Schiene J.S. II verlassen hat. Relais A_2 (B_2) erregt über: + Batterie, Kontakt 1 (5), Relais A_2 (B_2), M, Kontakt 10, — Batterie. Relais A_2 (B_2) angezogen: Relais A_1 (B_1) fällt ab und unterbricht obigen Stromkreis durch Öffnen des Kontaktes 1 (5). Relais A_2 (B_2) in angezogener Stellung mechanisch durch Relais A_1 (B_1) abgestützt. (Ruhestellung.)

4. Der Zug hat die isolierte Schiene J. S. II verlassen:

Relais C fällt ab, Ruhezustand tritt ein und die Anlage ist zur Signalisierung der neuen Zugfahrt bereit.

Zugfahrten in entgegengesetzter Richtung haben dieselbe Wirkung auf die Anlage, da sowohl die Schienenkontakte a und c, als auch die isolierten Schienen I und II parallelgeschaltet sind. Für den Fall, dafs aus irgend einem Grunde die Signalanlage in Tätigkeit bleiben sollte, wenn ein Zug die Anlage befahren hat, ist am Apparat eine Nottaste N (wenn nötig mit Bleiverschlufs) angeordnet, mit der man durch einfaches Drücken den Ruhezustand der Anlage wiederherstellen kann. Im Bedarfsfalle kann die Nottaste N auch in die Kontrollstelle verlegt werden.

Abb. 12. Schaltung eines Relaissatzes mit Stützrelais als Warnsignalanlage für einen unbewachten Wegübergang. Eingleisiger Betrieb. (Bauart Siemens & Halske.)

Als Grundsatz wurde bei den Österreichischen Bundesbahnen die Forderung aufgestellt, dafs keinerlei induktive Beeinflussung erfolgen darf, die das unbeabsichtigte Auslösen eines Blockfeldes ermöglicht, auch nicht bei Erdschlüssen durch die Fahrdrahtleitung. Diese Forderung soll in erster Linie dadurch erfüllt werden, dafs geschlossene Stromkreise für gewöhnlich nicht vorkommen und dafs solche erst im Augenblicke einer Betätigung der Blocksätze und nur auf die Dauer derselben hergestellt werden. Es waren somit folgende Vorkehrungen zu treffen:

1. Stromkreis für gewöhnlich nicht geschlossen und
2. weitestgehende Trennung der Stromkreise voneinander.

Diese Grundsätze führten zu der in den Skizzen der Abb. 3. Taf. 46 dargestellten Schaltung. Gelegentlich der Beobachtung der Blockanlagen auf der elektrisch betriebenen Strecke Stainach-Irdning—Attnang-Puchheim, auf der die Schutzschaltung nicht rechtzeitig durchgeführt werden konnte und daher der elektrische Betrieb zu einer Zeit aufgenommen wurde, als die Blockanlagen noch ohne Schutzschaltung bestanden, konnte das Ergebnis dieser Beobachtungen bei Erdschlüssen durch die Fahrdrahtleitung festgelegt werden. Hierbei ergab sich, dafs unbeabsichtigte Auslösungen von Blockfeldern nur bei den Streckenblock- und Zustimmungsfeldern vorkamen, während an den Blockfeldern der Fahrstrafsenverschlüsse und der Ausfahrsignale keinerlei Auslösungen erfolgten. Aus diesem Grunde wurden die oben angeführten Grundsätze in der Weise abgeändert, dafs sie in ihrem vollen Umfange nur für die Blockstrecke angewendet werden, während für den Bahnhofbereich eine gemeinsame metallische Rückleitung unter der Voraussetzung als genügend anerkannt wird, dafs trotzdem der früher erwähnten Bedingung des für gewöhnlich nicht geschlossenen Stromkreises Rechnung getragen wird. Diese Bedingung ergab die Notwendigkeit, die metallische Rückleitung innerhalb des Bahnhofbereiches in zwei Rückleitungen aufzulösen. Die Rückleitungen erscheinen für gewöhnlich abgehoben und nur im Falle einer Blockbetätigung auf deren Dauer angeschlossen; im übrigen aber sind die Stromkreise innerhalb des Bahnhofs für gewöhnlich unterbrochen. Jeder einzelne Blocksatz des Blockstreckenanschlusses hat seine eigene Rückleitung; dasselbe gilt auch für die im Schaltbild nicht gezeichneten Weckerleitungen. Im Bahnhof erscheinen die einmündenden Streckenblockleitungen durch die beiden Bahnhofrückleitungen für gewöhnlich abgehoben.

Endlich wurde auch der Relaisstromkreis in die Schutzschaltung einbezogen und zwar wurde dies dadurch erreicht, dafs die bei den Österreichischen Bundesbahnen eingeführte »Ing. Bandsche Relaissparschaltung« dazu verwendet wurde. Der Grundsatz dieser Sparschaltung, der aus Abb. 2, Taf. 46 zu entnehmen ist, besteht darin, dafs das Relais in der üblichen Weise beim Befahren der stromdichten Schiene anzieht und den Lokalstromkreis schliefst und in weiterer Folge die Blocksperre betätigt, dann aber (zum Unterschied von der Regelschaltung) der Relaisstromkreis durch das Hochgehen der Blocksperre sofort wieder unterbrochen wird. Um nun ein vorzeitiges Blocken zu vermeiden, bevor die letzte Zugachse die stromdichte Schiene verlassen hat, wird der Relaisstromkreis im Falle einer vorzeitigen Signalrückstellung wieder kurz geschlossen und dadurch der zum Blocken notwendige Wechselstrom abgeschaltet. Durch diese Sparschaltung wird der Stromverbrauch während des Befahrens der stromdichten Schiene auf einen Augenblick beschränkt. Da jedoch der Stromverbrauch durch die unvermeidliche Ableitung der stromdichten Schiene immerhin noch bedeutend wäre, wird durch Anwendung eines Schienenstromschliefsers an der stromdichten Schiene diese erst im Augenblick ihres Befahrens angeschlossen. Weiter bewirkt die Schaltung, dafs der Stromschliefser unmittelbar nach dem Einschalten der stromdichten Schiene wieder ausgeschaltet wird und dafs somit auch dieser Stromverbrauch auf einen Augenblicksverbrauch herabgemindert ist. Da der Relaisstromkreis, der an die nicht als Fahrstromrückleitung dienende, also überbrückte Schiene anschliefst, nur einen Augenblick geschlossen wird, für gewöhnlich aber abgehoben ist, so wurde diese Sparschaltung als genügende Schutzschaltung anerkannt und daher in dieser Hinsicht keine weitere Schutzmafsnahme vorgesehen.

Die Elektrisierung der Österreichischen Eisenbahnen.

Von Sektionschef Ing. **Dittes**, Direktor der Elektrisierungs-Direktion der Österreichischen Bundesbahnen.

Die Vorarbeiten und Studien der österreichischen Staatsbahnverwaltung zur Einführung der elektrischen Zugförderung auf den österreichischen Eisenbahnen unter Ausnützung der Wasserkräfte reichen weit zurück. Seit Beginn der achtziger Jahre des vorigen Jahrhunderts hatte sich bekanntlich in Deutschland und kurze Zeit darauf auch in Österreich die elektrische Zugförderung zunächst auf Stadt- und Strafsenbahnen Eingang verschafft und nach Überwindung vieler Schwierigkeiten und Widerstände und nach entsprechender Durchbildung und Vervollkommnung der gesamten elektrischen Ausrüstung vollzog sich seit Beginn der neunziger Jahre des vorigen Jahrhunderts zunächst der Umbau fast aller Pferde- und Dampfstrafsenbahnen auf elektrischen Betrieb. — Neue Stadt-, Strafsen- und Überlandbahnen wurden von Haus aus nur mehr für elektrischen Betrieb eingerichtet. Die überaus günstigen Erfolge des elektrischen Betriebs von Stadt-, Strafsen- und Vorortbahnen legten es nahe, die elektrische Zugförderung auch bei den Haupt- und Nebeneisenbahnen, oder wie man diese Bahnen auch zusammenfassend nennt, den Vollbahnen, anzuwenden.

Die ersten Arbeiten der österreichischen Staatsbahnverwaltung bezogen sich auf allgemeine grundlegende Fragen des elektrischen Betriebs der Arlbergstrecke mit dem mehr als 10 km langen, schwer lüftbaren Tunnel und auf die Auswahl der hierfür geeigneten Wasserkräfte. Im Jahre 1891 wurde von der österreichischen Staatsbahnverwaltung ein Optionsvertrag für Lieferung elektrischer Energie aus dem Kraftwerke an der Rosanna und Trisanna unweit Landeck abgeschlossen und seit dieser Zeit hat die österreichische Staatsbahnverwaltung der elektrischen Zugförderung dauernd ihre Aufmerksamkeit zugewendet.

Im Jahre 1905 setzte die Tätigkeit der bei der ehemaligen k. k. Eisenbahnbaudirektion errichteten Studienabteilung ein, die sich auf die planmäfsige Bearbeitung aller mit der Einführung des elektrischen Betriebs auf den Eisenbahnen im Zusammenhang stehenden Angelegenheiten, die Aufsuchung, Auswahl,

Anmerkung:
Siehe auch Dittes: „Über den Fortgang der Arbeiten zur Elektrisierung unserer Staatsbahnen“, E. u. M. 1921, Heft 16. — „Der Stand der Arbeiten für die Elektrisierung der Österreichischen Bundesbahnen zu Beginn des Jahres 1922“, E. u. M., Mai 1922. — „Der Stand der Arbeiten für die Elektrisierung der Österreichischen Bundesbahnen zu Beginn des Jahres 1923“, E. u. M., April 1923. — „Über den gegenwärtigen Stand der Vollbahnelektrisierung unter besonderer Berücksichtigung der Arbeiten für die Elektrisierung der Österreichischen Bundesbahnen bis zu Beginn des Jahres 1924“, E. u. M., Mai 1924. — „Über den gegenwärtigen Stand der Vollbahnelektrisierung unter besonderer Berücksichtigung der Arbeiten für die Elektrisierung der Österreichischen Bundesbahnen bis zu Beginn des Jahres 1925“, E. u. M., Heft 21, 1925. — „Die Elektrisierung der Österreichischen Bundesbahnen. Rückblick und Ausblick“, E. u. M. 1926, Heft 20. — „Fortschritte in der Vollbahnelektrisierung in Österreich und seinen Nachbarstaaten“, E. u M. 1927, Heft 28.
Siehe auch Luithlen: „Die elektrische Zugförderung auf den Österreichischen Bundesbahnen“, E. T. Z. 1924, Heft 50 und 51. — „Der elektrische Betrieb auf den Österreichischen Bundesbahnen,“ Elektrische Bahnen 1925, Heft 3.

Entwurfsarbeit und rechtliche Sicherstellung der Wasserkräfte, die Ermittlung des Arbeitsbedarfes sowie die Untersuchung aller bei der Einführung des elektrischen Betriebs in Betracht kommenden Fragen verkehrs-, maschinen- und elektrotechnischer Natur erstreckte.

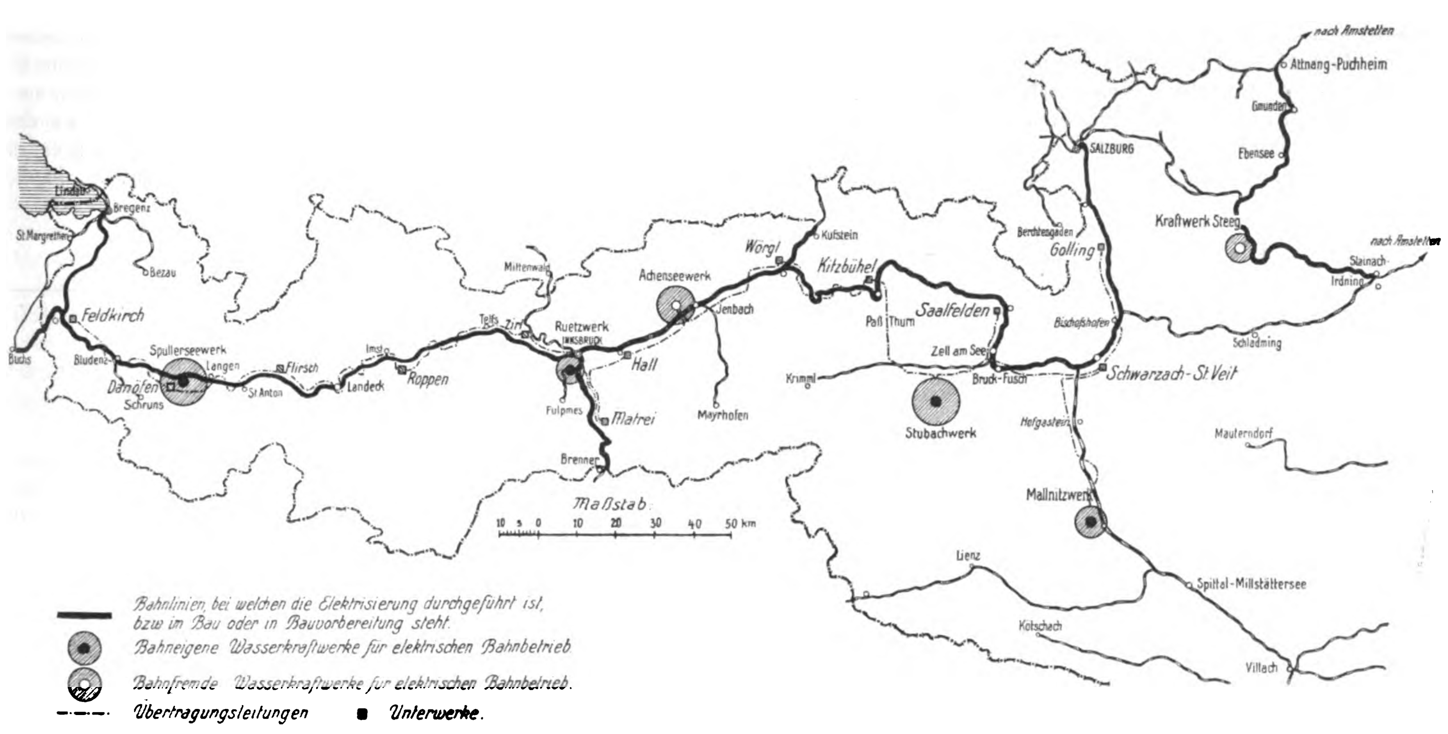
Das Arbeitsgebiet der Studienabteilung wurde auf das ganze Eisenbahnnetz südlich der Donau mit rund 4400 km ausgedehnt.

Die auf die Sicherstellung der Wasserkräfte abzielende Tätigkeit der »Studienabteilung« schloſs mit der Erwerbung von wasserrechtlichen Bewilligungen für 24 Anlagen mit einer gesamten mittleren Jahresleistung von rund 125000 Pferdestärken ab, von denen 20 im Gebiet der Republik Österreich liegen.

Ferner waren verschiedene Stromlieferungsverträge abgeschlossen worden, von denen einige auch noch für den Bereich der Österreichischen Bundesbahnen in Betracht kommen.

In Österreich ist es bekanntlich vor dem Kriege trotz eingehender Studien und Vorarbeiten zu einer eigentlichen Elektrisierung von Vollbahnlinien, d. h. zu einer Umwandlung von mit Dampflokomotiven betriebenen Bahnen auf elektrischen Betrieb nicht gekommen, wenn man von der schmalspurigen St. Pölten — Mariazeller Bahn absieht. Dagegen waren die vollbahnartigen Charakter aufweisende Mittenwaldbahn und einige Lokalbahnen von Haus aus für elektrischen Betrieb eingerichtet worden.

Es würde zu weit führen, hier die vielfach in Widerständen und Bedenken der Heeres- und der Finanzverwaltung begründeten Ursachen dieser vergleichsweisen Rückständigkeit näher auszuführen. Es darf auch nicht vergessen werden, daſs das alte Österreich über reiche Schätze, von zum Teile hochwertiger — für Dampflokomotivbetrieb also gut geeigneter — Kohle verfügte, ein unmittelbarer Zwang zur Elektrisierung seiner Bahnen unter Ausnützung der Wasserkräfte also nicht bestand. Die



Übersichtskarte.

Gleichlaufend mit diesen Arbeiten wurden im allgemeinen der Arbeits- und Leistungsbedarf für das gesamte Netz der ehemaligen k. k. österreichischen Staatsbahnen, die technischen Grundlagen (insbesondere die Anfahr- und Bremsverhältnisse der Züge, deren Geschwindigkeiten und Gewichte, die Zugfolgezeiten und Aufenthalte, die verschiedenen Stromarten) sowie die ökonomischen Grundzüge der elektrischen Zugförderung eingehend behandelt und im besonderen die Wirtschaftlichkeit des elektrischen Betriebs auf einigen für die neue Betriebsart besonders geeigneten Strecken untersucht*).

Die umfassenden Arbeiten der »Studienabteilung« des vormaligen österreichischen Eisenbahnministeriums sind ausführlich in den im Jahre 1917 herausgegebenen »Mitteilungen über die Studien und vorbereitenden Maſsnahmen der österreichischen Staatseisenbahnverwaltung zur Ausnützung der Wasserkräfte und zur Einführung des elektrischen Betriebes auf Vollbahnen« niedergelegt.

*) Siehe „Grundlagen der Zugförderung zum elektrischen Betriebe der k. k. österreichischen Staatsbahnen." Von Dr. techn. Artur Hruschka, R. Oldenbourg, München 1912.

Umwandlung von mit Dampflokomotiven betriebenen Bundesbahnstrecken auf elektrischen Betrieb setzte aber unmittelbar nach dem Kriege ein unter dem zwingenden Eindruck der schwersten Kohlennot und der dadurch hervorgerufenen Einsicht, daſs nur ein vom Bezuge hochwertiger Auslandskohle möglichst unabhängiger Eisenbahnbetrieb dauernd einen gesicherten Verkehr ermöglicht. Die oben erwähnten, vor dem Kriege von der ehemaligen österreichischen Staatseisenbahnverwaltung durchgeführten weitausgreifenden Studien und Vorarbeiten haben es ermöglicht, daſs im Jahre 1919 mit den Arbeiten für die Elektrisierung der Arlbergstrecke und der Salzkammergutlinie ohne Verzug begonnen werden konnte.

Es ist heute überflüssig, die allgemein bekannten Eigenschaften und Vorzüge der elektrischen Zugförderung hier neuerdings zu erörtern. Für unsere österreichischen Verhältnisse müssen aber folgende Momente noch besonders unterstrichen werden: Die Kohlenersparnis und die dadurch eintretende Verminderung des Passivums unserer Handelsbilanz; die Möglichkeit, die Geschwindigkeit unserer Züge zu erhöhen, dadurch an Personal zu ersparen und das Reisen bequemer zu machen und ausländisches Publikum ins Land zu ziehen; aber auch

im Inland die Abwicklung der Handelsgeschäfte zu beschleunigen und zu erleichtern, den geistigen und kulturellen Kontakt zu erhöhen, unsere Hauptlinie von Wien nach Buchs im Verkehr mit den westlichen Staaten konkurrenzfähig zu erhalten und im Laufe der Zeit mit zunehmender Verkehrssteigerung eine gröfsere Rentabilität der Bundesbahnen zu erzielen. Hierzu kommt, dafs die Elektrisierungsbauten dazu angetan sind, über eine schwere Industriekrise hinwegzuhelfen, die Arbeitslosigkeit erfolgreich und in ausgesprochen produktiver Weise zu mildern.

Nachdem auf Grund der Gesetze vom 20. Dezember 1919 und 20. Mai 1920 mit den ersten Arbeiten für die Elektrisierung der Strecken westlich von Innsbruck und der Linie Stainach-Irdning—Attnang-Puchheim bereits begonnen worden war, erfolgte im Juli 1920 durch die Nationalversammlung die Annahme eines Gesetzes betreffend die Einführung der elektrischen Zugförderung auf den Österreichischen Bundesbahnen, nach welchem unter dem Gesichtspunkte einer die grofsen Durchzugslinien des Gesamtnetzes schrittweise erfassenden Elektrisierung in einem ersten Bauabschnitt die Arlbergbahn (Innsbruck—Landeck—Bludenz), die Vorarlbergerbahn (Bludenz—Bregenz—Reichsgrenze, einschliefslich der Nebenlinien), die Westbahnteilstrecken Salzburg — Schwarzach-St. Veit — Wörgl, die Tauernbahn Schwarzach-St. Veit—Spittal-Millstättersee und schliefslich die Salzkammergutlinie Stainach-Irdning — Attnang-Puchheim auf elektrischen Betrieb umgewandelt werden sollten.

Dieses Netz weist eine Betriebslänge von 652 km auf, 412 km hiervon sind eingleisig, 240 km zweigleisig. (Siehe die Übersichtskarte auf Seite 473.)

Der Energieversorgungsplan sah neben dem Bezuge elektrischen Stromes aus fremden Kraftanlagen die Errichtung bahneigener Wasserkraftwerke, und zwar vorerst am Spullersee bei Danöfen, im Stubachtale und an der Mallnitz bei Obervellach, sowie die bauliche Erweiterung des schon bestehenden Bahnkraftwerkes am Ruetzbache vor.

Seitdem im Oktober 1923 die Unternehmung »Österreichische Bundesbahnen« als selbständiger Wirtschaftskörper errichtet worden war, setzten die Bemühungen, die Fortführung des Elektrisierungsbaues auf feste finanzielle Grundlagen zu stellen, in erhöhtem Mafse ein, zumal der Präsident der Verwaltungskommission der Österreichischen Bundesbahnen, Dr. Georg Günther, der Fortführung der Elektrisierung das lebhafteste Interesse entgegenbrachte. Zwecks Erwirkung eines Elektrisierungskredites hatte die Elektrisierungsdirektion in der Generaldirektion der Österreichischen Bundesbahnen ein Programm ausgearbeitet, das zwei Projekte umfafste: die Elektrisierung der Strecke von Salzburg bis Innsbruck mit den anschliefsenden Linien Wörgl—Kufstein und Innsbruck—Brenner, sowie die

Zusammenstellung.

Angaben über die elektrisierten bzw. bis Anfang 1929 zu elektrisierenden Bundesbahnlinien.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
	Hauptangaben über die Bahnlinien				Verkehrsstärke in tägl. Bruttotonnen im Mittel des Jahres 1925 (zusammen für Hin- und Rückfahrt)	Energiebedarf		Deckung des Energiebedarfs		
Linie	Betriebslänge in Kilometer	Gleiszahl	Gröſste Neigung in v. T.	Verkehrsleistung in Mill. Bruttotonnen-km im Jahre 1925		Jährlich in Mill. Kilowattstunden ab Kraftwerk	Höchstleistung in Pferdestärken a. d. Turb.	Kraftwerk	Leistung der Maschinensätze in Pferdestärken	Energie in Mill. Kilowattstunden
Innsbruck—Bludenz[1]	136,286	1*)	31,4	450,8	8,400	29,6		a) Spullersee bei Danöfen	3 × 8 000 = 24 000	25,2
Bludenz—Feldkirch[1]	20,782	1	10,0	72,1	9,500	4,0	32 000			
Feldkirch—Buchs[1]	18,527	1	10,5	34,4	5,900	1,8		b) Ruetzbach bei Schönberg	2 × 4 000 + 1 × 8 000 = 16 000	
Feldkirch—Bregenz[1]	36,851	1	10,0	62,0	4,600	3,5				39,0
Summe Westgruppe	212,446	—	—	619,3	—	38,9	—	—	40 000	64,2
Salzburg—Schwarzach-St. Veit[3]	66,664	2	10,0	322,4	13,200	16,6		a) Achenseewerk der „Tiwag"	3 × 8 000 = 24 000	25,0 bis 40,0
Schwarzach-St. Veit—Wörgl[2]	125,516	2	22,8	507,6	11,100	32,4		b) Stubachtal, Stufe: Tauernmoosboden—Enzingerboden		
Kufstein—Wörgl[1]	13,340	1	3,3	55,9	11,500	2,2	50 000		4 × 8 000 = 32 000	37,3
Wörgl—Innsbruck[1]	59,563	2	4,8	446,1	20,500	17,0				
Innsbruck—Brenner[2]	86,943	2	25,5	142,8	10,600	11,4		c) Mallnitz bei Obervellach	2 × 5 000 = 10 000	33,1
Summe Ostgruppe	302,026	—	—	1474,8	—	79,6	—	—	66 000	95,4 bis 110,4
Stainach-Irdning—Attnang-Puchheim[1]	107,351	1	22,5	118,9	3,000	6,5	6,000	Kraftwerk Steeg d. El. W. Stern & Hafferl A.-G.	2 × 5 000 = 10 000	7,0 bis 9,0
Gesamtsumme	621,823	—	—	2213,0	—	125,0	—	—	—	166,6 bis 183,6

*) 11,111 Kilometer (St. Anton—Langen mit dem Arlbergtunnel) sind zweigleisig.

1) In elektrischem Betrieb.

2) Elektrisierungsbau im Gang.

3) Elektrisierungsbau in Vorbereitung.

Elektrisierung der Semmeringstrecke Gloggnitz—Mürzzuschlag. Die Wirtschaftlichkeitsberechnung für diese Streckengruppe ergab ungefähre Gleichheit zwischen den Kosten des elektrischen und des Dampfbetriebs, ein Verhältnis, das sich im Laufe der Zeit mit ansteigendem Verkehr natürlich günstiger gestalten wird, besonders wenn der Amortisations- und Zinsendienst für das aufgewendete Kapital entfallen wird. Die Gesamtkosten der Elektrisierung der Strecken westlich von Salzburg wurden mit 88 Millionen Goldkronen, die der Semmeringstrecke mit 22 Millionen Goldkronen ermittelt.

Nach langwierigen Verhandlungen gelang schliefslich die finanzielle Sicherstellung des Grofsteiles dieses Programmes, indem das Finanzkomitee des Völkerbundes anläfslich der Tagung im Juni 1925 eine Resolution fafste, mit der für die Elektrisierung der Strecken Salzburg—Wörgl und Kufstein—Wörgl—Innsbruck—Brenner ein Betrag von 88 Millionen Goldkronen aus den Völkerbundkreditresten freigegeben wurde. Dies konnte trotz der vorläufigen Zurückstellung der Semmeringstrecke Gloggnitz—Mürzzuschlag unter den damals gegebenen Verhältnissen als grofser Erfolg gewertet werden.

Die Übersichtskarte Seite 473 gibt ein Bild des derzeitigen Umfangs des elektrisierten bzw. in Elektrisierung stehenden Netzes der Österreichischen Bundesbahnen; aus der Karte ist auch die Lage der Kraftwerke und der Unterwerke zu entnehmen. Die Zusammenstellung (Seite 474) enthält einige wichtige Angaben über die elektrisierten, bzw. bis Anfang 1929 zu elektrisierenden Strecken.

Die fünf Kraftwerke für die Energieversorgung der Strecken westlich von Salzburg liefern Einphasenwechselstrom von $16^2/_3$ Per. in der Sekunde mit einer Spannung von 55 kV und sind untereinander und mit den Unterwerken mittels Übertragungsleitungen mit einer gesamten Trassenlänge von 490 km verbunden.

In den längs der elektrisierten Bahnlinien angeordneten Unterwerken Feldkirch, Danöfen, Flirsch, Roppen, Zirl, Matrei, Hall i. T., Wörgl, Kitzbühel, Saalfelden, Schwarzach-St. Veit und Golling-Abtenau wird die Übertragungsspannung auf die Fahrleitungsspannung von durchschnittlich 15000 Volt herabgesetzt.

Die Salzkammergutlinie wird aus dem ungefähr in Streckenmitte gelegenen Kraftwerk Steeg unmittelbar mit Strom von Fahrleitungsspannung gespeist.

Von den seit dem Jahre 1919 der Elektrisierung zugeführten Strecken sind derzeit aufser der 107 km langen Salzkammergutlinie auch die Strecken Kufstein—Wörgl—Innsbruck—Landeck—Bludenz—Feldkirch—Buchs und Feldkirch—Bregenz mit einer Gesamtlänge von 285 km im elektrischen Betrieb; die Arbeiten auf der Strecke Innsbruck—Brenner und Wörgl—Saalfelden sind im vollen Gange und werden zu Beginn des Jahres 1928 vollendet sein, während zu Beginn des Jahres 1929 gleichzeitig mit der Vollendung des Stubach- und des Mallnitzwerkes die elektrische Ausrüstung der Strecke Saalfelden—Salzburg beendet und damit das derzeit in Durchführung begriffene Elektrisierungsprogramm der Österreichischen Bundesbahnen zum Abschlusse gelangt sein wird.

Es wäre verfrüht, über die weitere Entwicklung der Einführung des elektrischen Betriebs auf den Österreichischen Bundesbahnen heute schon eine bestimmte Voraussage zu machen. Es kann aber wohl als sicher angenommen werden, dafs die einmal begonnene Elektrisierung unseres Bahnnetzes nicht mehr zum Stillstand kommen, vielmehr — in rascherem oder langsamerem Zeitmafse — die Elektrisierung der Hauptlinien der Österreichischen Bundesbahnen fortschreiten wird, wobei zunächst an die Strecken Salzburg—Linz—Wien und Wien—Gloggnitz—Semmering—Graz gedacht werden kann.

Elektrisierung der Österreichischen Bundesbahnen.

Kraftwerke und Unterwerke.

Von Ministerialrat Ing. Dr. techn. **Hruschka** und Ministerialrat Ing. **Schnürer**, Abteilungsvorstände der Generaldirektion der Österreichischen Bundesbahnen.

Hierzu Tafel 47 und 48.

I. Kraftwerke.

Als im Jahre 1919 Österreich daranging, die elektrische Zugförderung auf den Hauptlinien der Bundesbahnen einzuführen, kam es ihr sehr zu statten, dafs bereits in den Jahren 1909 bis 1912, gleichzeitig mit dem Bau der Mittenwaldbahn und für deren Betrieb das Ruetzwerk errichtet worden war und es nur einiger Erweiterungen bedurfte, um dieses Kraftwerk als Grundbelastungswerk in Verbindung mit dem zu errichtenden Speicher- und Spitzendeckungswerk am Spullersee dem elektrischen Betriebe der Bahnstrecken westlich von Innsbruck dienstbar zu machen.

Beide Werke sind imstande, zusammen ganzjährig gleichbleibend 7300 kW zu leisten, was einer Jahresarbeit von 64 Millionen kWh entspricht. Hiervon entfällt auf das Spullerseewerk ein hauptsächlich in den wasserarmen Wintermonaten zu leistender Anteil von 25 Millionen kWh, auf das Ruetzwerk die Grundbelastungsleistung von 39 Millionen kWh.

Das südlich von Innsbruck befindliche **Ruetzwerk** nützt das rund 180 m betragende Gefälle des aus den Stubaier Gletschern entspringenden Ruetzbaches zwischen Fulpmes und seiner Mündung in die Sill aus. Das Einzugsgebiet des Baches beträgt 280 km², die kleinste bisher beobachtete Niederwassermenge 1,7 m³/Sek., die gröfste Hochwassermenge 160 m³/Sek. Die Gesamtanlage des Werkes ist aus Textabb. 1 und 2 ersichtlich.

Die Wasserfassung erfolgt mittels eines auf Höhenkote 887,70 m liegenden Grundwehres. Das am linken Bachufer befindliche Einlaufbauwerk besteht aus einer Streichwand zur Abweisung von Schwimmkörpern, einem Grobrechen, einer Schotterschleufse, einem Feinrechen, einem Klärbecken mit Schlammablasschütze und einem Umlaufkanal. Das an die Wasserfassung anschliefsende rund 6 km lange Zuleitungsgerinne mit $1^0/_{00}$ Gefälle ist in der Anfangsstrecke zum Teil über Aquädukte ober Tag, im überwiegend restlichen Teil als Freispiegelstollen ausgeführt. Das vom Stollen durchörterte Gebirge besteht teils aus quarzreichem Schiefer von Phyllit-, Gneis- oder Glimmerschiefer-Charakter, teils aus lockeren Flufsschottern, tonigen Moränen und Moränenschutt. Der Stollen besitzt annähernd einen Rechtecksquerschnitt mit den Ausmafsen 1,50/2,25 m, ist durchwegs betoniert und mit einem Glattputz versehen. Bei einer Wassertiefe von ca. 1,85 m und einer Wassergeschwindigkeit von 1,90 m/Sek. vermag der Stollen eine Betriebswassermenge von nahezu 5 m³/Sek. zu führen. Vorgenommene Messungen ergaben für die Rauhigkeitsbeiwerte in der Formel von Ganguillet-Kutter für die Seitenwände den Wert $n_1 = 0{,}0116$, für die Sohle $n_2 = 0{,}0143$ und als Durchschnittswert für das ganze Profil bei max. Beaufschlagung 0,0125.

Das Wasserschlofs fafste ehedem nur 3000 m³. Anläfslich der Einführung der elektrischen Zugförderung auf der Arlbergstrecke war es erforderlich, das Wasserschlofs durch Zubau eines zweiten Beckens um 3500 m³ zu vergröfsern. Hierdurch ist das Ruetzwerk in die Lage versetzt worden, auch gröfsere kurzfristige Spitzenleistungen zu übernehmen. Bei der vorgenommenen Vergröfserung des Wasserschlosses wurde

auch darauf Bedacht genommen, dafs durch entsprechende Betätigung der eingebauten Schützen einer der beiden Behälter zum Zwecke der Vornahme von Ausbesserungen oder Reinigungsarbeiten ausgeschaltet werden kann, ohne hierbei den Werkbetrieb unterbrechen zu müssen. Während das alte Becken einen Streichüberfall von 32 m Länge besitzt, wurde im neuen Becken, mit Rücksicht auf die beengten Verhältnisse, ein Heberüberreich eingebaut, das aus vier Hebern von je 0,475 m² die Vermischung mit Luft auftretenden erhöhten Reibung im Mittel nur 20 m/Sek. beträgt.

Die Lage des Wasserschlosses am Hange eines Gebirgsrückens, der gegen die spitzwinklige Einmündung des Ruetzbaches in den Sillflufs abfällt, und der Umstand, dafs sich am jenseitigen Hange dieses Gebirgsrückens in der gleichen Höhenlage das Wasserschlofs des der Stadtgemeinde Innsbruck gehörenden Sillwerkes befindet, ermöglichte es, die beiden Wasser-

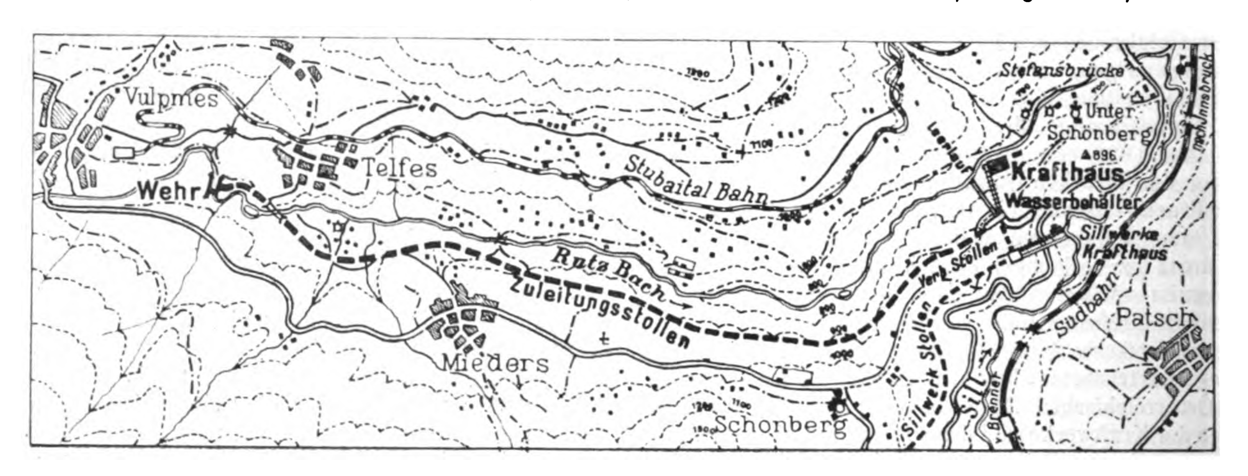


Abb. 1. Ruetzwerk: Lageplan.

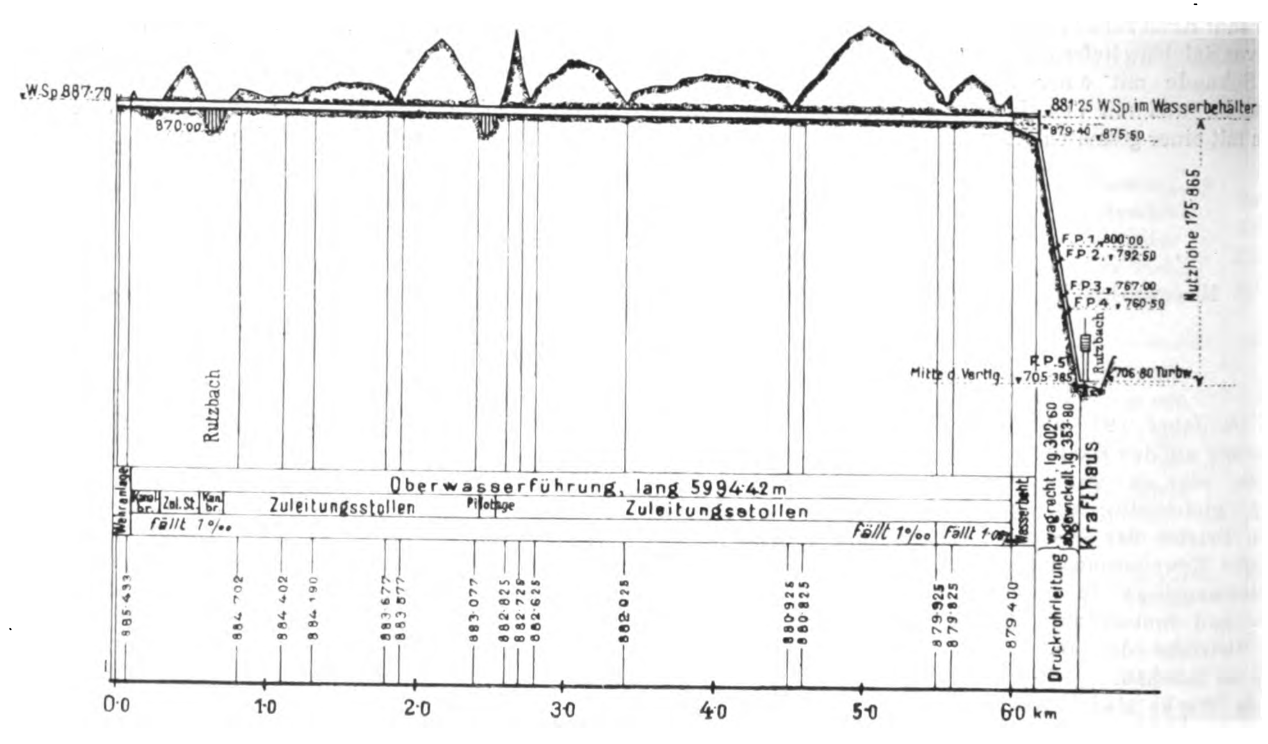


Abb. 2. Ruetzwerk: Längenschnitt.

Querschnittsfläche besteht, deren Überfallsschneiden hinsichtlich der Höhenlage zueinander um je 1 cm gestaffelt sind. Die Überfallskanten der beiden genannten Entlastungseinrichtungen liegen rund 881,25 ü. d. M. Das über sie abfliefsende Wasser wird in einem für das alte und neue Becken gemeinsamen Leerlaufgerinne geradlinig in der durchschnittlich unter 38° geneigten Fallinie über den Berghang in das Wildbett des Ruetzbaches abgeführt. Dieses 223 m lange betonierte Gerinne besitzt ein trapezförmiges, an der Sohle 2,50 m breites Profil und ist mit einem Bohlenbelag aus Lärchenholz verkleidet. Vorgenommene Messungen und Versuche zeigten, dafs die Geschwindigkeit des abfliefsenden Wassers infolge der, durch schlösser mittels eines 230 m langen, beiderseits durch Schützen absperrbaren Stollens zu verbinden, und hierdurch beide Kraftwerke in die Lage zu versetzen, sich gegenseitig bei Notstand Wasseraushilfe zu gewähren.

An das Wasserschlofs des Ruetzwerkes schliefsen zwei, im Abstande von 3,3 m parallel zueinander verlaufende, je 365 m lange Druckrohrstränge an, von denen einer erst anläfslich der vorgenommenen Werkserweiterung verlegt worden ist. Die Lichtweite dieser Rohrleitungen nimmt in drei Stufen von 1450 auf 1350 und 1250 mm ab. Beide Rohrstränge stützen sich auf sechs gemeinsame, in Beton ausgeführte Festpunkte. Aufserdem liegen die einzelnen 7,20 m langen Rohrschüsse auf eben-

falls gemeinsamen Rohrsockeln gleitend auf. Durch Messungen wurde der Beiwert λ in der Geschwindigkeitsformel nach Prof. Forchheimer $v = \lambda . R^{0,7} . J^{0,5}$ für den älteren geschweifsten Rohrstrang nach elfjähriger Betriebsdauer mit 70,9, für den neuen genieteten Rohrstrang mit 96,1 ermittelt. Bei Vollbeaufschlagung der Turbinen ist die Wasserführung jedes Rohrstranges 4,6 m³, was einer Höchstgeschwindigkeit von 3,7 m/Sek. entspricht.

Bei der Erweiterung des Kraftwerks blieb das Krafthaus äufserlich unverändert. Nur in seinem Innern mufste eine Reihe baulicher Abänderungen und Ergänzungen vorgenommen werden, die der Hauptsache nach durch die Aufstellung eines dritten Maschinensatzes von 8 000 PS erforderlich waren.

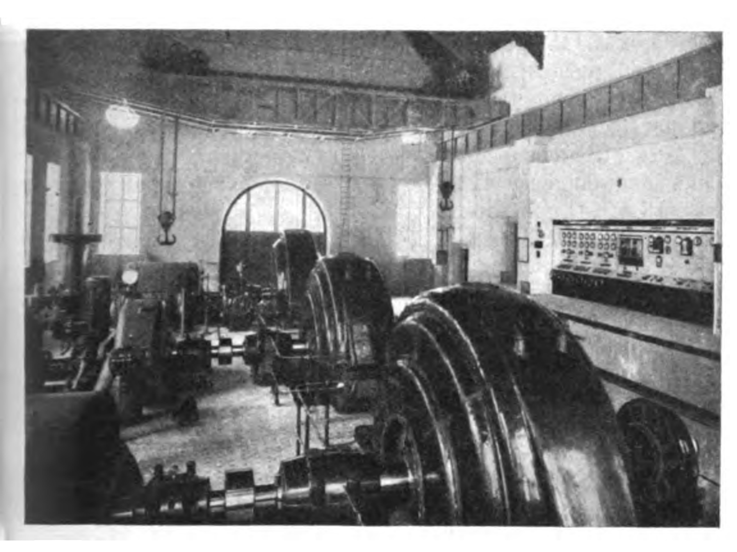


Abb. 3. Ruetzwerk: Maschinensaal mit der Hauptschalttafel.

Der 26,60 m lange und 16,40 m breite, bis zur Untersicht des hölzernen Stefansdachstuhles offene Maschinensaal wird in seiner ganzen Länge von einem Laufkran mit 45 t Tragkraft bestrichen. Die aus Blechträgern gebildete Kranbahn ruht beiderseits auf je vier Eisenbetonpfeilern auf. Zusammen mit den schon vor der erwähnten Erweiterung vorhandenen zwei Maschinensätzen von je 4000 PS enthält nunmehr die Maschinenhalle drei Maschinensätze mit zusammen 16 000 PS Leistung. Die Abgabe des von den Peltonturbinen verarbeiteten Wassers erfolgt unmittelbar in den unterhalb der Turbinen verlaufenden Unterwasserkanal. Die erforderliche Kühlluft für die beiden kleineren Generatoren wird mittels eingebauter Lüftungsschaufeln aus dem Maschinensaale und für den neuen grofsen Generator aus einem eigenen Frischluftkanal angesaugt. Für die Warmluftabführung dient ein gemeinsamer, ins Freie führender Abluftkanal.

Über Stahlgufsschieber werden drei Peltonturbinen, zwei für 4000 PS und eine für 8000 PS, gespeist*). Textabb. 3 zeigt den Maschinensaal mit der Hauptschalttafel. Vorne sieht man die zwei älteren Sätze, hinten den neuen Maschinensatz, dessen Gröfse dank der seit dem ersten Ausbau gemachten Fortschritte in der Ausnützung der Werkstoffe trotz doppelt so grofser Leistung beinahe die gleiche ist, wie bei den alten Sätzen. Textabb. 4 zeigt die beiden auf gemeinsamer Welle sitzenden Laufräder der mit vier Düsen arbeitenden 8000 PS Zwillings-Peltonturbine, Textabb. 5 einen Querschnitt durch die Turbine. Die neue Turbine hat 8487 PS Abfalleistung bei 333 Umdr./Min. und Doppelregulierung System Voith mit Nadel und Ablenker. Die Ablenker können innerhalb von $1^1/_2$ Sekunden bei plötzlicher Entlastung den Strahl abschneiden, worauf erst die Düsen entsprechend der zugelassenen gröfsten Drucksteigerung in der Rohrleitung (10%) innerhalb von 23 Sekunden langsam schliefsen. Die alten Turbinen haben noch die älteren wasserverschwendenden Nebenauslässe für mindestens 15 Sekunden Schliefszeit bei plötzlicher voller Entlastung, dafür eine Reglerschliefszeit zwischen $1^1/_2$ und $2^1/_2$ Sekunden. Die Schlüpfung (Ungleichförmigkeitsgrad) ist zwischen — 2% und + 6% und zwar entsprechend den in schweizerischen Bahnkraftwerken gemachten Erfahrungen

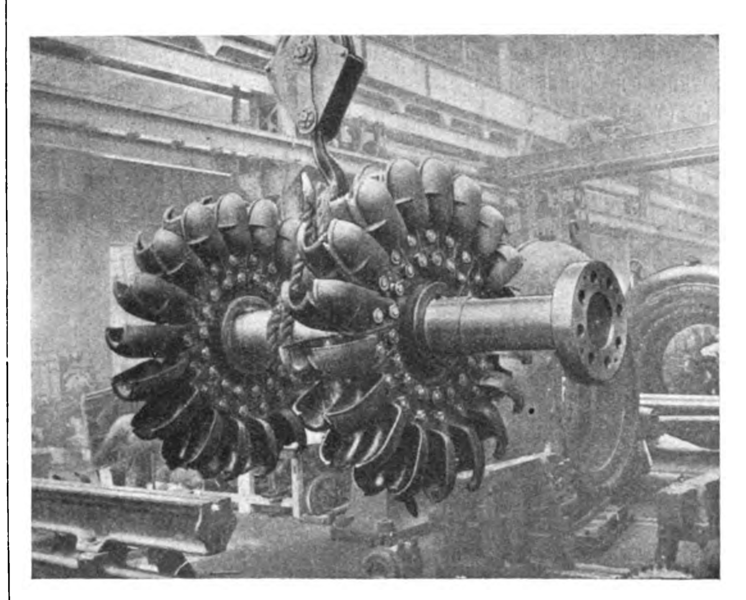


Abb. 4. Ruetzwerk: Welle mit Doppellaufrad der 8000 PS Turbine.

auch während des Ganges verstellbar gemacht. Die gröfste vorübergehende Drehzahländerung beträgt bei ± 25, + 50, — 75, — 100% plötzlicher Laständerung — 3,4 und + 2,9, — 5,7 und + 4,8, ferner + 7 und + 11,3%. Aufser diesen Gröfsen wurde wegen des besonderen Charakters des Bahnbetriebs, bei dem plötzliche grofse Belastungen mit Ausnahme von Kurz-

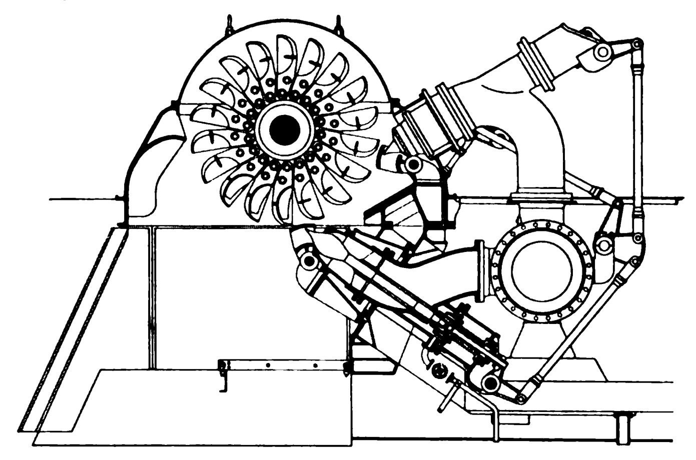


Abb. 5. Ruetzwerk: Schnitt durch die 8000 PS Turbine.

schlüssen niemals vorkommen, sondern die Zuschaltung der Lokomotivleistungen tatsächlich verhältnismäfsig ruhig und langsam erfolgt, eine Drehzahlschwankung von höchstens 4% bei allmählicher voller Belastung im Zeitmafs von 400 kW/Sek. vorgeschrieben. Die Wirkungsgrade sind aus der Textabb. 6 zu entnehmen. Die Turbinen haben einstellbare Vorrichtungen zur Leistungsbegrenzung. Die neue Turbine wiegt 41,8 t. Bei den Leistungsversuchen bediente man sich eines im oberen Teil

*) Siehe die eingehende Besprechung des elektromechanischen Teils von Dr. Hruschka, „Die Kraftwerke und Unterwerke für den elektrischen Betrieb der Arlberg- und der Salzkammergutlinie, I. Das vergröfserte Ruetzkraftwerk“; Eletrotechnik und Maschinenbau 1925, H. 1, 2; eine ähnliche Veröffentlichung „II. Das Spullerseewerk“, in der gleichen Zeitschrift ist in Druck.

der Rohrleitung eingesetzten Woltmannschen Flügels. Hier wie bei allen anderen Bahnturbinen der Österreichischen Bundesbahnen wurde großer Wert auf eine ganz lineare Beziehung zwischen Dauerdrehzahl und Leistung gelegt, um für den Parallelbetrieb der Kraftwerke bei schwankender Last einfache und übersichtliche Verhältnisse bei der Lastverteilung zu erhalten*).

Die Generatoren erzeugen Einphasenwechselstrom von 3000 bis 3300 V bei $16^2/_3$ Perioden in der Sekunde. Die älteren Generatoren sind für je 3000 kVA Dauerleistung und eine unmittelbar anschließende Überlastung auf 4500 kVA durch fünf Minuten, der neue Generator ist für 5000 kVA Dauerleistung und anschließend 7500 kVA durch sechs Minuten, alle bei $\cos \varphi = 0{,}8$ gebaut. Der neue Generator hat zweiteiligen Ständer und Selbstbelüftung bei 800 m^3/Min. Luftverbrauch. Die Warmluft kann ins Freie oder in den Maschinensaal geleitet werden. Der Wirkungsgrad steigt mit der Belastung und beträgt bei 5000 kVA 92,9 und 91,5% bei $\cos \varphi = 1$ bzw. 0,8, die Spannungserhöhung 10 bzw. 17,2%. Der Stoßkurzschlußstrom (Wechselstromglied) ist dank der großen

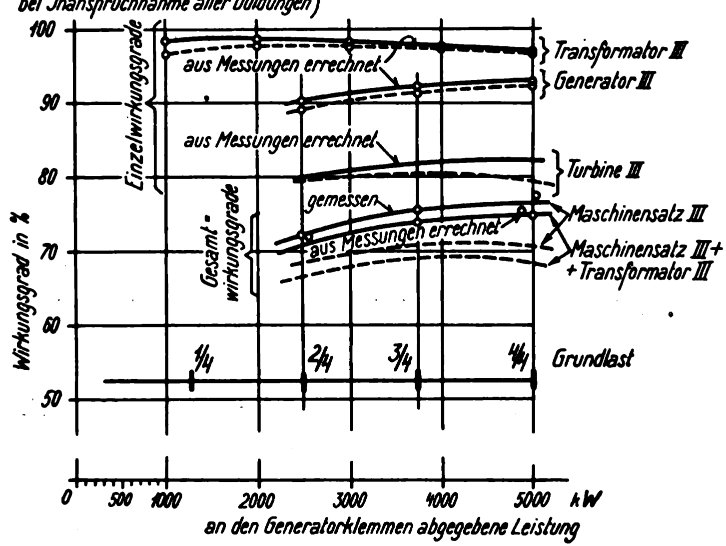


Abb. 6. Ruetzwerk: Wirkungsgrade des neuen Generator- und Transformatorsatzes.

Streuung nur das 4,8 fache des Grundbelastungsstromes, der Dauerkurzschlußstrom bei Vollasterregung nur das 2,6 fache. Das Gesamtgewicht des Generators beträgt 94,5 t, davon 49 t für den Läufer mit Gebläseflügeln.

Jeder Generator speist über Kabel unmittelbar einen Hauptumspanner gleicher Leistung, der die Spannung auf 50 bis 55 kV hinaufsetzt. Die älteren Transformatoren haben Kühlschlangen von 300 m Länge im oberen Kesselteil und wiegen je 30,5 t; der neue Transformator doppelter Leistung hat außenliegende Ölkühlung mit einer 12 PS-Pumpe und einem Gleichstromröhrenkühler System Riedinger von 15 m^2 Kühlfläche und wiegt daher selbst nur 30,9 t. Die Kurzschlußspannung aller Transformatoren ist hoch, nämlich 6,82%; den alten Transformatoren sind auf der Unterspannungsseite besondere Reaktanzdrosseln zwecks Angleichung vorgeschaltet. Die in Camposdrosselspulen hingegen dienen dem Überspannungsschutz.

Textabb. 6 stellt die Wirkungsgrade aller Teile der Maschinensätze und der Transformatoren dar.

*) Siehe den Bericht von Dr. Hruschka, „Die Lastverteilung zwischen parallellaufenden Bahnwasserkraftwerken (Betrachtungen und Erfahrungen)", Elektrotechnik und Maschinenbau, 1926, H. 2.

Die Eigenbedarfsanlage für 110 V Gleichstrom hat einen 24 PS-Wechselstrom-Gleichstromumformer und eine Batterie von 324/435 Amperestunden. Die Schaltanlage ist sehr gedrängt untergebracht, weil bei der Errichtung des Hochbaues (1909) eine Erweiterung um nur 4000 PS vorausgesetzt war, vor allem aber auch, weil damals die räumlichen Anforderungen an Schaltanlagen viel bescheidener waren und man damals mit einer so hohen Übertragungsspannung nicht gerechnet hatte. Trotzdem ist es gelungen, das Werk zu einem vollwertigen, auch für die Durchspeisung der Energie geeigneten Bahnkraftwerk auszugestalten, was allerdings nur durch eine fast vollständige, kostspielige und sämtliche Stromkreise betreffende Umgestaltung und Erweiterung möglich war, die ohne Einschränkung des laufenden Mittenwaldbahnbetriebs schrittweise vorgenommen werden mußte. Abb. 5, Taf. 48 gibt das vereinfachte Hauptschaltbild. Die Erregung geschieht durch zwei Schnellregler System Tirrill in besonderer Schaltung für proportionale Aufteilung der Wirk- und der Blindleistungen im Verhältnis der Nennleistungen und für 10% Übercompoundierung. Die Zweikesselölschalter für 55 kV sind hängend angeordnet und werden durch Schaltmagnete System A.E.G. ferngesteuert. Textabb. 7 zeigt zwei solcher Antriebe: je zwei Pole sind durch Gallsche Ketten gekuppelt und haben Reservehandantrieb; über ihnen sitzen die getrennten Überstrom- und Zeitrelais. Beim Öffnen eines Transformatorschalters durch Überstrom, Rückstrom, beim Durchgehen der Maschine oder von Hand wird der Generator aberregt. Die 3 kV-Hilfsschienen dienen nur für Speisung der Eigenbedarfsanlage, zur allfälligen Kreuzung zweier Sätze und allenfalls zum Anschluß eines Belastungswiderstandes, der mit Grob- und Feineinstellung bei veränderlichem Wasserspiegel arbeitet. Die 7-feldrige Hauptschalttafel gestattet alle Apparate fernzusteuern. Dem Überspannungsschutz dienen Hörnerfunkenstrecken mit Öldämpfungswiderständen, auf 70 kV eingestellt, sowie Camposdrosselspulen von 5 und 6 mH Kapazität.

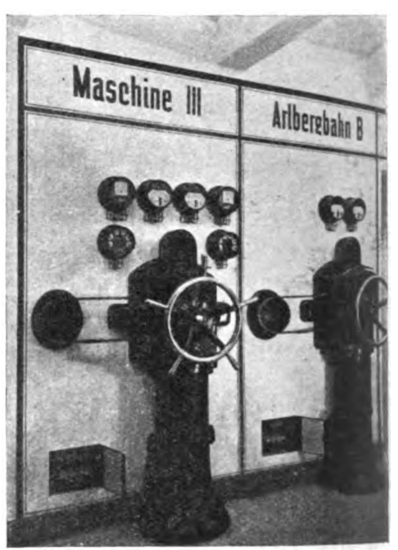


Abb. 7. Ruetzwerk. Steuerstände von 55 kV Ölschaltern.

Das Ruetzwerk arbeitet ebenso wie die ganze Übertragungsanlage und das Spullerseewerk mit dauernder widerstandsloser Erdung der Nullpunkte aller jeweils im Betrieb stehenden Transformatoren. Bei dieser einfachen amerikanischen Schaltung sind nicht die geringsten Unzukömmlichkeiten, auch nicht Schwachstromstörungen, aufgetreten; es entfällt dabei auch der kostspielige Einbau von Erdschlußstromlöschern. Daß jeder Erdschluß ein Kurzschluß ist, wird nicht störend empfunden, da jährlich nur etwa drei bis fünf Störungen an der Übertragungsleitung auftreten. Die eine Übertragungsleitung geht nach Westen zum Spullerseewerk, die andere nach Osten übers Unterwerk Matrei zum Achenseewerk.

An den Maschinensaal schließen sich nacheinander das drei Stock hohe Schalthaus, vier Umspannerzellen und nach diesen ein 7,20 m breiter Vorraum an. In dem letzteren wurden zum leichteren Ein- und Ausbau der Umspanner eine Schiebebühne und zwei Laufkrane, einer für Handantrieb und 18 t

Tragkraft und einer mit elektrischem Antrieb und 30 t Tragkraft errichtet.

In den beiden seitlich des Schalthauses befindlichen ebenerdigen Anbauten sind eine Werkstätte, verschiedene Räume für das diensthabende Personal, eine Ölkühlanlage, Eigenbedarfsumspanner usw. untergebracht.

Außerhalb des Krafthauses wurde am Vorplatz ein Belastungswiderstand für 5000 kW, bestehend aus einem betonierten Wasserbecken von 7,5 m² Grundfläche und 2,00 m Tiefe, den erforderlichen Wasserzu- und ablaufleitungen und den 2×2 eisernen Tauchplatten von je 3 m² hergestellt.

Infolge der Lage des Krafthauses am Ufer des Ruetzbaches hat der offen geführte, 4 m breite, beiderseits mit Wandmauern versehene Unterwassergraben verhältnismäßig nur eine geringe Länge.

Ein Magazin, drei Wohngebäude mit insgesamt zwölf Wohnungen für die Werkbediensteten, eine Trinkwasserleitung aus einer nächstgelegenen Quelle und eine rund 1,5 km lange, von der Brennerstraße abzweigende Zufahrtstraße zum Krafthause bilden die Nebenanlagen des Kraftwerkes.

Wie schon angeführt, besitzt das Ruetzwerk ein Jahresarbeitsvermögen von rund 39 Millionen kWh und kann Betriebsspitzen bis 16 000 PS übernehmen.

Das mit dem Ruetzwerk durch eine 123 km lange Übertragungsleitung elektrisch gekuppelte, am Westhange des Arlbergs bei Danöfen errichtete **Spullerseewerk**, das ein Nutzgefälle von max. 810 m besitzt, ist wie bereits eingangs gesagt, ein Speicherwerk. Im Hinblick auf die vielen hinsichtlich dieses Werkes bereits erschienenen Veröffentlichungen*) seien nachstehend nur dessen wichtigste Anlageverhältnisse angeführt, die in Abb. 1 bis 3 und 6, Taf. 47 dargestellt sind.

Durch zwei auf festem Felsuntergrunde aus Beton errichtete Schwergewichtssperrmauern (Textabb. 8 und 9) von 24000 bzw. 63 000 m³ Rauminhalt wurde der 1800 m ü. d. M. in einem Gebirgskessel liegende, ehedem kleine Spullersee in ein rund 13½ Millionen m³ fassendes Speicherbecken umgewandelt, in welchem die aus dem 11 km² großen, schneereichen, zwischen Lech- und Klostertal liegenden Niederschlagsgebiet abfließenden Wässer aufgefangen werden. Die Berechnungen, die durch mehrjährige Messungen bestätigt wurden, ergaben, daß die Wasserspende unter Berücksichtigung der Wasserverluste im Mittel 17 Millionen m³, in den ungünstigsten Jahren 14 Millionen m³ beträgt.

Die den Höchststau d. i. die Höhenkote 1825,00 m überschreitenden Hochwässer werden mittels eines, in die Krone der südlichen Sperre eingeschnittenen Überfalles von 10 m Länge in den ursprünglichen Seeabfluß abgeleitet. Außerdem ist in die Felsbarre, auf der diese Sperre steht, auf Höhenkote 1783,81 m ein 1 m weites, luftseitig durch einen Schieber und eine Drosselklappe absperrbares Grundablaßrohr eingebaut, mit dessen Hilfe eine vollständige Entleerung des Speicherbeckens bewirkt werden kann.

Das rund 40 m unter dem Höchstwasserspiegel liegende Einlaufbauwerk besteht aus einem Stollentrichter, dem ein fester Grobrechen und ein Feinrechen vorgelagert ist. Dieser Feinrechen ist auf einen Rechenwagen montiert, der in einem überwölbten Schrägstollen mittels Handwindwerk und Stegkette aufgezogen und durch einen Dammbalkenbelag in einen Schützenwagen umgewandelt werden kann. An das Einlaufbauwerk schließt sich ein 76 m langer und 1,80 m weiter, kreisrunder Druckstollen an, an dessen Ende, in einer Kammer, ein Schieber und eine Drosselklappe eingebaut sind. In diese Kammer gelangt man vom See aus über eiserne Leitern durch

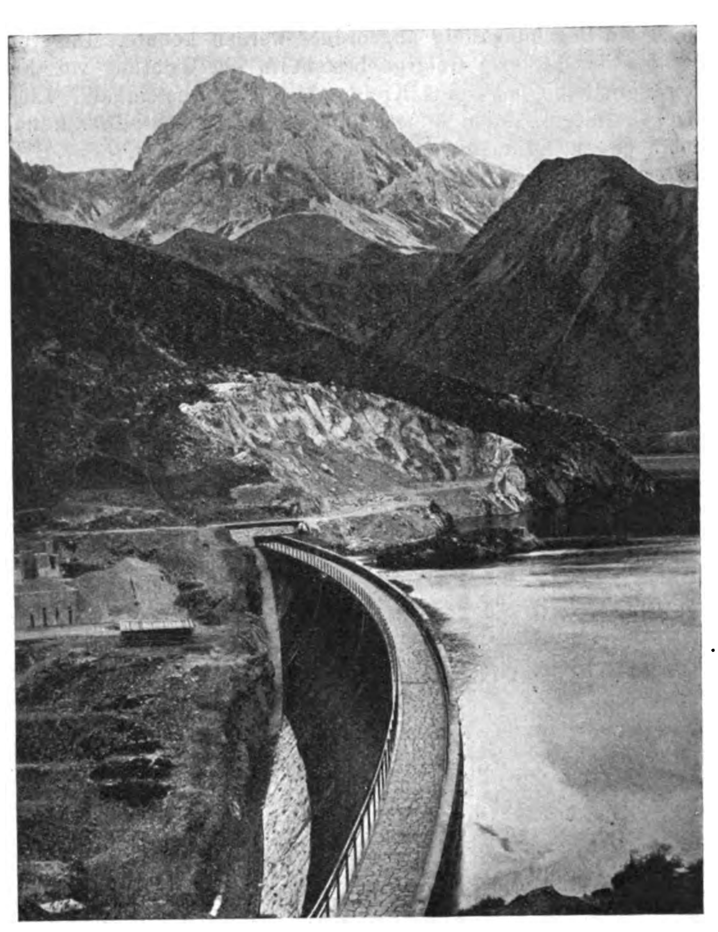


Abb. 8. Spullerseewerk: nördliche Sperrmauer mit Blick auf die Roggalspitze.

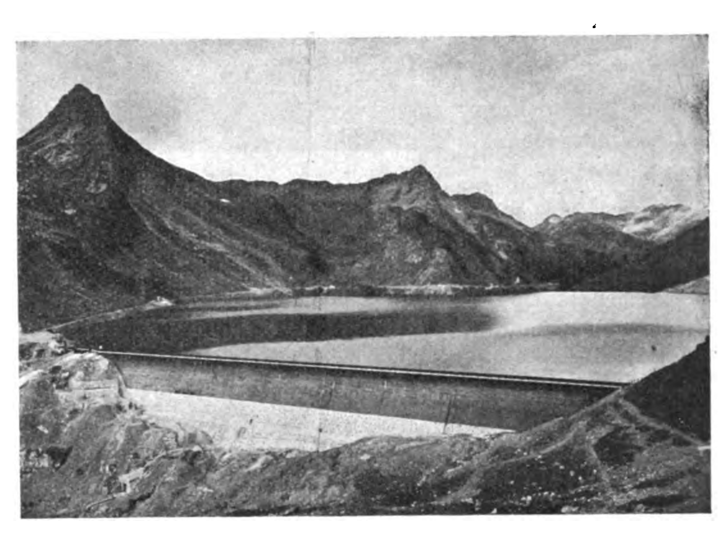


Abb. 9. Spullerseewerk: Ansicht der südlichen Sperrmauer mit Hochwasserüberfall und Grundablaß. Am Seeufer links die Kammern des Einlaufbauwerkes.

einen lotrechten, ungefähr 46 m tiefen, kreisrunden Schacht von 3,50 m Durchmesser, in dessen oberem Aufbau sich auch die Aufzugwinde für den vorgenannten Rechenwagen befindet. Hinter den Hauptabsperrorganen wird das Betriebswasser mittels

*) Siehe auch: Oberbaurat Ing. R. Geilhofer „Das Spullersee-Kraftwerk". (Sonderdruck aus den Schriften des Vereins für Geschichte des Bodensees und seiner Umgebung. 53. Heft.)

Oberbaurat Dr. Ing. Innerebner: „Über die neuesten Erfahrungen auf dem Gebiete der Wasserkraftgewinnung vom Standpunkte des Bauingenieurs". (Wasserwirtschaft 1924, Nr. 14, 15.)

Prof. Ing. Findeis: „Der Schrägaufzug für das Spullerseewerk". (Z. d. Ö. Ing.- u. Arch.-Vereines 1922, Nr. 31/32.)

einer 1,40 m weiten eisernen Rohrleitung von 6 mm Wandstärke durch einen rund 1800 m langen Stollen geführt. Der Durchmesser dieses kreisrunden, durchwegs mit Beton verkleideten Stollens (Abb. 3, Taf. 47) beträgt 2,60 m, so dafs neben dem auf gemauerten Sockeln aufliegenden Rohrstrang noch ein Begehungssteig angeordnet werden konnte. Das vom Stollen durchörterte Gebirge besteht in der Richtung vom See her der Reihe nach aus Kreideschiefer, Hornsteinkalk, Liasflecken-Mergel, rotem Adneterkalk, grauem Dachsteinkalk und im überwiegend restlichen Teile aus Hauptdolomit.

Die insbesondere gegen den Stollenausgang zu stark gebräche Beschaffenheit des Gebirges hatte zur Folge, dafs nach

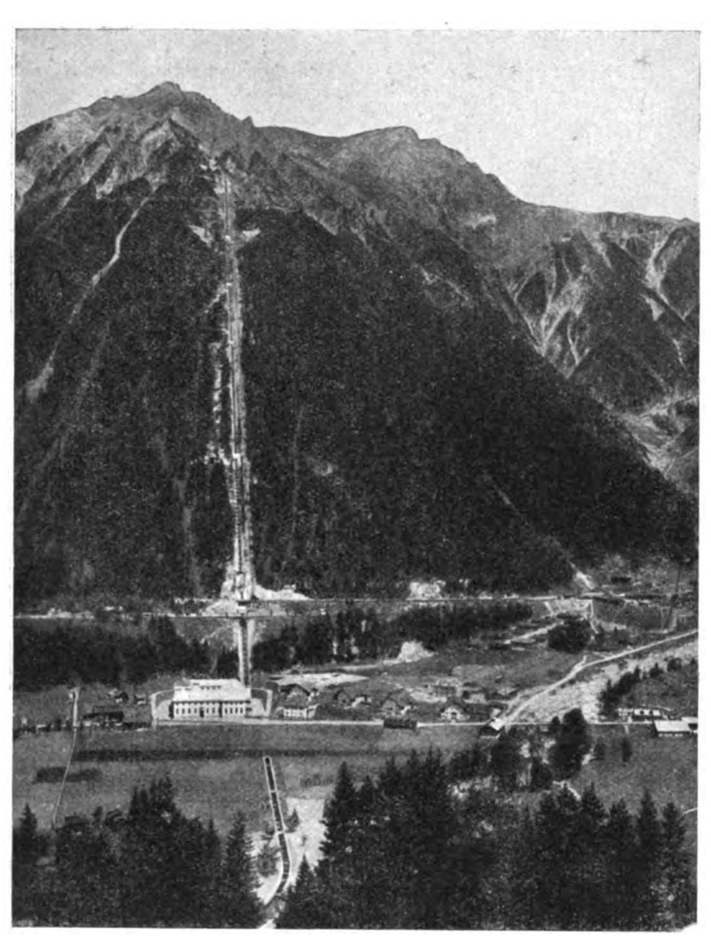


Abb. 10. Spullerseewerk: Krafthaus mit Steilrohrleitung. (Oberhalb des Krafthauses die Arlbergbahn.)

Durchführung einer Reihe von Versuchen, die alle ein nicht entsprechendes Ergebnis hatten, die ursprüngliche Absicht, einen Druckstollen*) herzustellen, aufgegeben werden mufste, und schliefslich die oben beschriebene Ausführung einer im Stollen frei verlegten eisernen Rohrleitung gewählt wurde.

*) Siehe über die Druckstollenfrage die Veröffentlichungen: Ing Dr. Effenberger: „Die Theorie des Druckwasserstollens" (Melan-Festschr. 1923). — „Über das Druckstollenproblem, Entwicklung und gegenwärtiger Stand in Theorie und Praxis." (Z. d. Ö. Ing.- u. Arch.-Vereines 1923, Heft 42/43.)

Ing Dr. Mühlhofer: „Die Berechnung kreisförmiger Druckschachtprofile unter Zugrundelegung eines elastisch nachgiebigen Gebirges" (Z. d. Ö. Ing.- u. Arch.-Vereines 1921, Nr. 15). — „Zur Druckstollenfrage" (Die Wasserkraft 1923, Heft 8.) — „Über die Inanspruchnahme von Druckstollenauskleidungen." (Der Bauingenieur 1923, Heft 18.) — „Zur Klarstellung der Spannungsverhältnisse in Druckstollen." (Die Wasserkraft 1923, Heft 12.) — „Die Spannungen in Druckstollen." (Die Wasserwirtschaft 1923, Nr. 17.)

Dr. Ampferer: „Geologische Bemerkungen zum Druckstollenproblem." (Z. d. Ö. Ing.- u. Arch.-Vereines 1923, Nr. 42/43.)

Die Stollenrohrleitung mündet in das zum gröfsten Teil gepanzerte Pufferwasserschlofs, das bei diesem Kraftwerk aus einem über 50 m hohen kreisrunden Vertikalschacht von 4,00 m Durchmesser besteht, von dem unten zwei konische, je 14 m lange und oben ein 30 m langer Speicherstollen horizontal abzweigen*).

An das Wasserschlofs schliefst sich ein 46 m langer eisengepanzerter runder Druckstollen von 1,60 m lichter Weite an, der sich an seinem Ende vermittels eines Hosenrohres in drei, in die Apparatenkammer führende Stränge von 1 m lichter Weite gabelt.

Die von der Apparatenkammer zum Krafthaus führende Druckrohrleitung**) besteht derzeit aus zwei Rohrsträngen von je 1395 m Länge und einer lichten Weite zwischen 950 und 650 mm bei 8 bis 35 mm Wandstärke, die durch sieben aus Beton hergestellte Festpunkte in dem Boden verankert sind und dazwischen auf ebenfalls betonierten Rohrsockeln gleitend aufruhen. Bei der Herstellung dieser Festpunkte und Rohrsockel wurde bereits auf eine allfällig künftige Verlegung eines dritten Rohrstranges Bedacht genommen.

Daran schliefst sich die Verteilleitung von 49 m Länge. Jeder Steilstrang wiegt rund 702 t. Der gröfste statische Druck ist 81 at. Die Drucksteigerung ist bei einem Impuls 4,5, bei Resonanz zwischen Rohrschwingung und Belastungsschwankung der Strecke laut Schätzung wie Beobachtung etwas über 10%. Die ganze Rohrleitung ist mit mindestens 50% Überdruck im Lieferwerk stückweise, wie auch an der Baustelle im ganzen erprobt worden.

Das an der Arlbergstrafse gelegene Krafthaus (siehe Textabb. 10) gliedert sich in zwei parallel zu einander liegende Längsflügel: Das Maschinenhaus einerseits und das Schalthaus samt Unterwerk Danöfen anderseits. Beide sind durch einen Zwischenbau, der die 6 kV-Apparate enthält und einen Querflügel, der die Eintrittshalle, die Kanzleiräume und im Keller die Speicherbatterie enthält, verbunden.

Die Abb. 3, Taf. 48 gibt den Grundrifs des Erdgeschosses des Krafthauses, enthaltend Maschinenhaus mit Steuerhaus. 6 kV-Raum mit Verbindungsflügel, das grofse Schalthaus für 55 kV mit dem räumlich anschliefsenden Unterwerksschalthaus für 55 und 16,5 kV, sowie die gesonderte, auch den Zwecken der Leitungserhaltung dienende Werkstätte.

Der vorderhand für vier Maschinensätze von je 8000 PS ausgebaute Maschinensaal besitzt eine Fläche von rund $56 \times 15\,m^2$ und kann zur Aufnahme eines fünften und sechsten Satzes später verlängert werden. Er wird in seiner ganzen Länge von einem elektrisch betriebenen Fünfmotorenlaufkran mit zwei Laufkatzen für insgesamt 60 t Tragfähigkeit bestrichen. Das Steuerhaus enthält im Erdgeschofs die Hilfserregerumformer, die Dick-Spannungsregler, die Hilfs- und Verteilschalttafel, im ersten Stock den abgeschlossenen Befehlsraum mit der Pult- und der Stehschalttafel.

Das zum Teil unterkellerte, 70 m lange und 17 m breite Schalthaus ist zwei-, im Bereich der Leitungsausführungen dreigeschossig. Sämtliche Decken sind aus Eisenbeton hergestellt.

Das Schalthaus enthält im Erdgeschofs die Transformatoren- und die Ölschalterzellen (in der einen Ecke auch eine Schaltgruppe für den aus dem Litzwerke bei Schruns bezogenen, als Reserve für die Eigenschaftsdeckung verfügbaren Drehstrom von 10 kV), im ersten Stock einen Drosselspulenraum und einen Raum für

*) Über das Wasserschlofsproblem siehe: Ing. Kuhn: „Beitrag zum Wasserschlofsproblem." (Z. f. d. ges. Turbinenwesen 1920, Nr. 34.)

Ing. Dr. Mühlhofer: „Die Berechnung von Wasserschlössern mit oberer und unterer Speicherkammer." (Z. d. Ö. Ing.- u. Arch.-Vereines 1924, Nr. 45/46, 47/48). — „Zeichnerische Bestimmung der Spiegelberechnungen in Wasserschlössern mit unter Druck durchflossenem Zulaufgerinne." (Verlag Springer, Berlin 1924.)

**) Siehe Dr. A. Hruschka, Die Berechnung von Druckrohrleitungen (Elektrotechnik und Maschinenbau 1922, H. 46, 47)

die Kraft- und Unterwerkssammelschienen mit Trennmessern, im zweiten Stockwerk endlich Spannungswandler für 55 kV, Überspannungsschutz und Fehlersuchschalttafel für 15 kV sowie die Ausführungen für sämtliche Hochspannungsleitungen.

Die über Nadelschieber mit Metall- und Lederdichtung besonderer Bauart gespeisten 8000 PS-Pelton-Turbinen haben Laufräder von 3,6 m Durchmesser mit je 40 Stahlgufsbechern und machen 333 Umdr./Min. Die Wasseraustrittsgeschwindigkeit ist 117 m/Sek., bei Vollbelastung ist der Strahldurchmesser 106 mm, der Strahldruck 12,3 t. Das Rohgefälle ist 811 m. Jeder Maschinensatz hat drei Lager. Die Turbinen haben Doppelregulierung System der Leobersdorfer Maschinenfabrik mit Strahlablenkern und mit zwei miteinander gebundenen Steuerkreisen für Nadel- und für Ablenkerreglung. Die Öffnungszeit ist 14 Sekunden, Schliefszeit 30 bis 40 Sekunden, die Schliefszeit des Ablenkers eine Sekunde. Eine Reihe sinnreicher Vorkehrungen sorgt für selbsttätiges Abstellen der Turbine mittels des Strahlablenkers im Falle des Durchgehens, wie auch des Untauglichwerdens des Reglers, wobei der Wasserdruck mitherangezogen ist, ohne dafs aber Rückwirkungen desselben im Sinne von Pendelvorgängen auf die beiden Steuerkreise eintreten könnten. Mittels

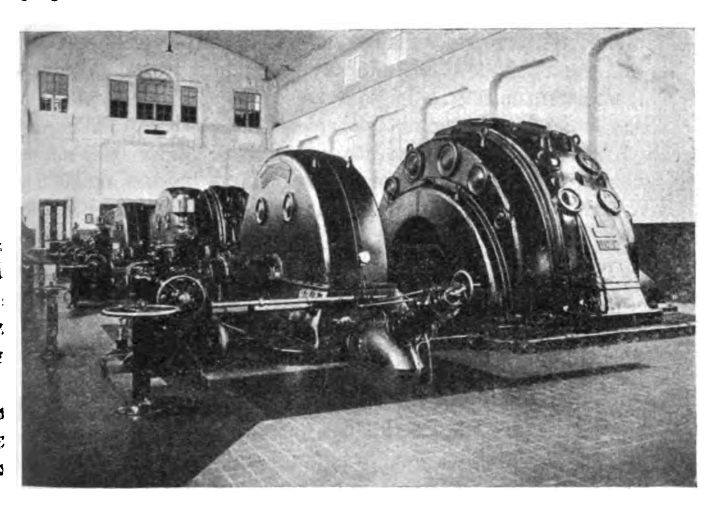


Abb. 11. Spullerseewerk: Maschinensaal.

einer Gegendüse kann das Laufrad abgebremst werden. Verschiedene neuere Erfahrungen in Bahnwasserkraftwerken sind beim Bau der Regler berücksichtigt worden. Dank dem grofsen Schwungmoment von 270 tm^2 sind die Drehzahlschwankungen bei plötzlichen Laständerungen äufserst gering. Alle Teile der Turbinen sind mit 120 at erprobt. Gewicht einer Turbine rund 40 t.

Die Hauptgeneratoren liefern Einphasenwechselstrom von 6000 bis 6600 V und 16 $^2/_3$ Perioden Abb. 4, Taf. 48 gibt die Hauptschaltung der Hochspannungskreise, Textabb. 11 einen Blick in den Maschinensaal. Die Generatoren speisen unmittelbar über je einen Hauptumspanner gleicher Leistung auf die doppelten Hauptsammelschienen. Die Generatoren und Umspanner sind 3000 kVA Dauerleistung, anschliefsend überlastbar auf 5400 oder 7500 kVA durch 30 bzw. 6 Minuten gebaut. Die Spannung wird mittelbar geregelt, indem drei parallelgeschaltete Tauchregler System Dick der österreichischen Siemens-Schuckert-Werke, zusammen mit einem vorgeschalteten für die Compoundierung dienenden ebensolchen Regler, zunächst die Magnetfelder zweier Hilfserregerumformer beeinflussen und diese wieder über besondere Erregerschienen die mit den Hauptgeneratoren gekuppelten Haupterreger steuern. Dabei beeinflufst stets nur einer der im Betrieb stehenden Generatoren mittels Strom- und Spannungswandlers über besondere 6 kV-Hilfsschienen die Dick-Regler. Jeder Generator kann mit Hilfe dieser Hilfsschienen auf die Dick-Regler oder auf einen Belastungswiderstand oder unmittelbar auf seinen Umspanner geschaltet werden. Die Hilfsschienen ermöglichen auch die Kreuzung zweier Sätze, wobei durch besondere Kontroller alle Steuer- und Mefskreise entsprechend umgeschaltet werden.

Das Gewicht eines Generators beträgt 137 t, das eines vollständigen Umspanners 32,9 t. Die Umspanner sind Mantelumspanner mit Ölumlauf durch grofse Kühlschlangen von 2 t Gewicht, die im Keller in grofsen Eisenbeton-Kühlbottichen liegen. Kurzschlufsspannung der Umspanner 2,5 $^0/_0$. Textabb. 12 zeigt einen Hauptumspanner in seiner Zelle.

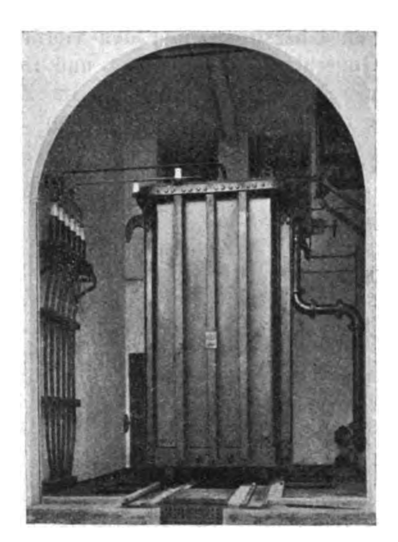


Abb. 12. Spullerseewerk: Hauptumspanner von 7500 kVA Höchstleistung.

Zur Deckung des Eigenbedarfs an Gleichstrom von 220 V sind vorhanden:

Ein Wechsel-Gleichstromumformer und ein Drehstrom-Gleichstromumformer, beide für je 200 kW, der letztere als Reserve. Der Wechselstromumformer wird von der Gleichstromseite angelassen und mittels stroboskopischer Scheibe synchronisiert. Der Wechselstrommotor ist für 6 kV gewickelt. Wegen der Schwankungen der Wechselspannung wird der erzeugte Gleichstrom durch zwei besondere Dick-Regler konstant gehalten, und für das Laden dient ein besonderer Ladeumformer von 37 kVA, während der Drehstromumformer unmittelbar Spannungssteigerung gestattet. Der Gleichstrom von maximal 240 kW Bedarf dient zur Steuerung der Ölschalter, zur Speisung der zahlreichen Öl- und Wasserpumpen, der Laufkrane und Werkstättenmotoren; der Wechselstrom hingegen nur zur Heizung und als Beleuchtungsreservequelle.

Die Schaltanlage ist in sehr geräumiger Anordnung nach dem Zellensystem erbaut. Der 55 kV-Wechselstrom durchläuft Drosselspulen und Stromwandler für Mefs- und Auslösezwecke, sodann die Ölschalter. Der Strom tritt vom Ölschalter in den in der Textabb. 13 ersichtlichen Sammelschienenraum; oben sind links und rechts die Doppelsammelschienen, darunter die Trennschalter der zu- und abführenden Stromkreise. Normal

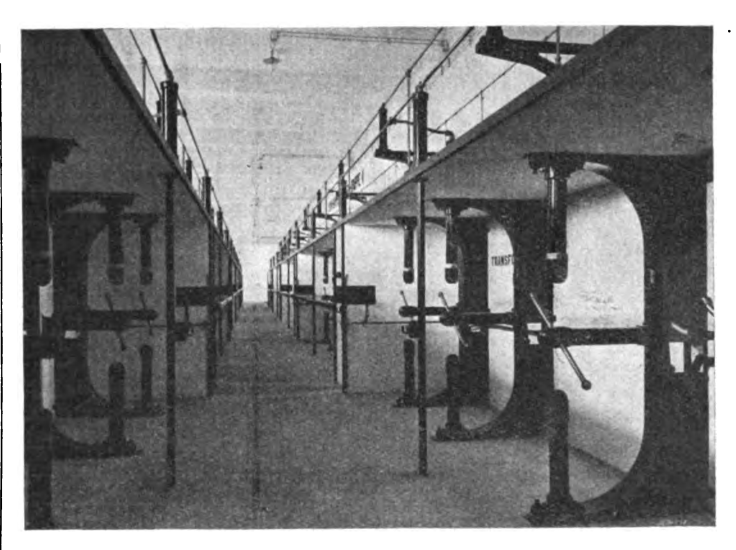


Abb. 13. Spullerseewerk: Doppelsammelschienen und Trennschalter.

wird in Hufeisenschaltung gearbeitet: das eine System sind die Maschinensammelschienen, vom anderen zweigen die Übertragungsleitungen ab, und dazwischen ist ein Werks-Kupplungsschalter, mit dem man das ganze Werk abschalten kann. Eine Reihe neuzeitlicher Sicherheitsvorrichtungen sorgt dafür, dafs beim Durchgehen eines Maschinensatzes oder beim Auftreten von Überstrom über den vierfachen Grundbelastungsstrom die Generatoren abgeschaltet und ihre Erregung auf den Leerlaufwert herabgesetzt wird. Im Zuge des Ausbaues des Netzes wird an Stelle der letzteren Einrichtung eine Stromreglung eingerichtet werden, die bei Überlastung den Strom auf einen bestimmten Wert einstellt.

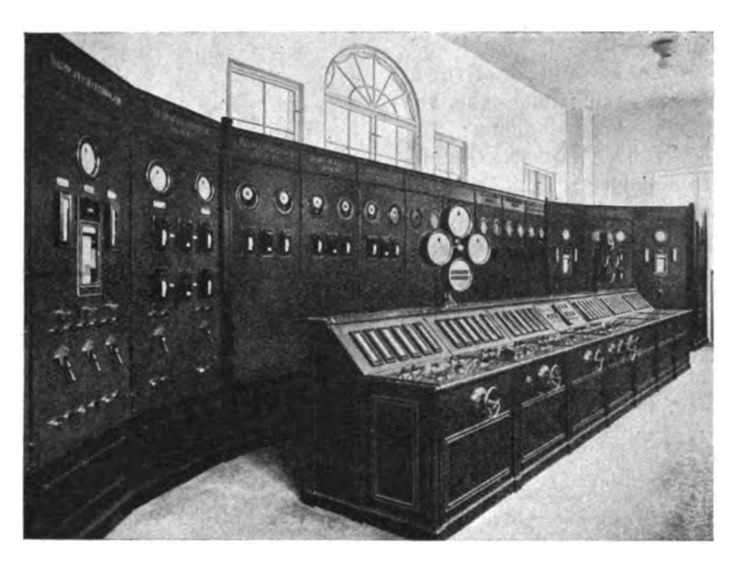


Abb 14. Spullerseewerk: Hauptschalttafeln.

Im Befehlsraum (siehe Textabb. 14) werden von den sechs Pultschaltfedern aus die sechs Generatoren gesteuert, während das siebente Feld in der Mitte für die Maschinenbefehle und den Werkschalter bestimmt sind. Die Stehschalttafel dient für das Unterwerk, für die Umspannerrelais und für die beiden Übertragungsleitungen (die eine nach Westen zum Unterwerk Feldkirch, die andere nach Osten zum Ruetzwerk).

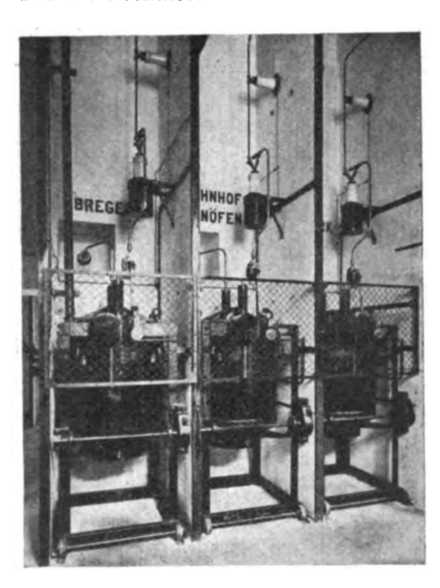


Abb. 15. Spullerseewerk: Fahrleitungsölschalter für 250000 kVA Abschalteleistung.

Das Spullerseewerk läuft derzeit in der Hauptsache nur als Spitzendeckungswerk, welches auch Phase schiebt, also auch bei geschlossenen Turbinendüsen infolge Übererregung der Generatoren soweit als möglich die Blindleistung deckt und dadurch eine tunlichst volle Ausnützung der Ruetzwerkmaschinen gestattet.

Das Unterwerk Danöfen enthält zwei (später vier) Umspanner für 2400 kVA Dauerleistung, anschliefsend überlastbar auf 6000 oder 9600 kVA durch zehn bzw. eine Minute, für eine Übersetzung von 55 auf 16,5 kV. Diese Kernumspanner mit aufsenliegender Ölkühlung speisen die 16,5 kV Schienen in Hufeisenanordnung des einen Pols und diese wieder drei Betriebszweige, von denen einer den eigenen Bahnhof Danöfen, die anderen die Strecken nach Westen und Osten, über Trennmesser gegabelt für die Fahr- und die Verstärkungsleitung, speisen. Aufserdem ist zum Aufsuchen eines Isolationsfehlers bei Kurzschlüssen ein besonderer Prüfölschalter mit einem Prüfwiderstand von 2000 Ohm vorhanden, dem man über besondere Prüfschienen an eine gestörte Leitung anschliefsen kann.

In Textabb. 15 sind die drei druckfesten Fahrleitungsölschalter, die von besonders kräftiger Bauart sind, ersichtlich. Sie sind für Augenblickslösung bei Kurzschlüssen und für eine Ausschaltleistung von 250000 kVA für einen Pol gebaut und haben sechs Unterbrechungen.

Das für die Umspanner und die Lagerkühlung erforderliche Wasser wird dem Unterwassergraben entnommen, mittels zweier Pumpen in zwei im Dachraum des Querflügels befindliche Hochbehälter von je 39 m³ gedrückt und fliefst von hier den Verbrauchstellen zu.

Gesondert vom Krafthaus und mit diesem und dem Schalthaus nur durch breitspurige Transportgleise verbunden, wurde am Bergfufs ein Werkstättengebäude errichtet, das im Erdgeschofs eine mechanische Werkstätte, eine Schmiede und eine von einem Zweimotorenlaufkran für 30 t bestrichene Montagehalle, im ersten Stock Lagerräume und eine Kanzlei für den Leitungsmeister enthält.

Das von den Turbinen verarbeitete Betriebswasser wird durch 1,5 m breite Stichkanäle, von denen jeder mit einem Mefsüberfall versehen ist, in den rund 320 m langen und 2,5 m breiten Unterwassergraben geleitet, der in der Anfangsstrecke überwölbt und nach Unterfahrung der Arlbergstrafse offen und stufenförmig bis zur Mündung in den Spreubach geführt ist.

Der Unterbringung des Werkpersonals dient eine aus sechs Wohnhäusern bestehende Siedlungsanlage.

Das Jahresarbeitsvermögen des Spullerseewerks beträgt rund 25 Millionen kWh; vermöge seiner Maschinenausrüstung können beim gegenwärtigen Ausbau Spitzenleistungen bis zu 24000 PS, bei Vollausbau bis zu 48000 PS gedeckt werden.

Die im Zuge befindliche Einführung des elektrischen Betriebs auf den Bahnstrecken östlich von Innsbruck bis Salzburg machen es erforderlich, neue Kraftquellen zu erschliefsen. Für diesen Zweck sind derzeit zwei weitere bahneigene Wasserkraftwerke, das Stubachwerk und das Mallnitzwerk, im Ausbau begriffen.

Das **Stubachwerk** nützt die rund 520 m hohe oberste Gefällstufe der Stubache zwischen dem Tauernmoosboden und dem Enzingerboden aus (Abb. 5 und 7, Taf. 47). Der Ausbau der beiden anschliefsenden Gefällstufen von 480 bzw. 180 m bleibt einem späteren Zeitpunkte vorbehalten.

Die Stubach ist einer der südlichen Zubringer der Salzach. die die gletscherreichen Nordberge des Grofsglocknergebiets entwässern. Ihr oberster Lauf setzt sich aus dem Weifsenbach und dem Tauernmoosbach zusammen. Der Weifsenbach nimmt die Abflüsse der Granatspitzengruppe auf, bildet vorerst den 2200 m ü. d. M. liegenden Weifssee, durchfliefst den 500 m tieferliegenden Grünsee (Textabb. 16) und stürzt sodann in einer steilen Stufe zu dem auf der Meereshöhe von 1473 m liegenden Enzingerboden ab, wo er sich mit dem Tauernmoosbach vereinigt.

Diese letztgenannte, rund 240 m hohe Gefällstufe wird vorderhand durch ein Hilfskraftwerk, das den für den Bau des Stubachwerkes erforderlichen elektrischen Strom erzeugt und später zur Ernergiebelieferung der Eigenbedarfsanlage des Stubachwerkes ausgenützt. Das Hilfskraftwerk besitzt ein 750 PS-Peltonrad für 240 m Gefälle und 750 Umdr./Min. und einen Drehstromgenerator für 775 kVA, 5000 bis 5500 V und 50 Perioden.

Der Tauernmoosbach bildet sich aus den Gletscherabflüssen des Hocheisers, des Hohen Riffls und des Eiskögele, und durchfliefst vor seinem Absturz zum Enzingerboden den 2000 m ü. d. M. liegenden Tauernmoosboden, ein Hochmoor von 180 Hektar Ausdehnung. Durch Errichtung einer 25 m hohen Sperre wird der Tauernmoosboden (Textabb. 17) in einen Wasserspeicher von 22 Millionen m³ Inhalt verwandelt. Die Sperre wird auf einer Felsbarre als Schwergewichtsmauer aus Beton mit beiderseitiger Bruchsteinverkleidung errichtet (Abb. 5, Taf. 47). Im Vergleich zur Sperre des Spullerseewerkes wird sie etwas schlanker und zwar mit einem Gesamtverhältnis der Breite zur Höhe von 0,75 ausgeführt. Ihre gröfste Breite beträgt 19 m, ihre Kronenlänge 200 m und ihr Rauminhalt rund 30000 m³. Am tiefsten Punkte der Sperrmauer wird ein Grundablafs von 2,0 m l. W. eingebaut; dagegen wird der Hochwasserüberfall aufserhalb der Mauer angeordnet.

Die Entnahme des Betriebswassers erfolgt am Ostabhange des Sprengkogel durch ein trichterförmiges, mit einem Rechen ausgestaltetes Einlaufwerk, durch das das Wasser in einen rund 22 m langen, ungefähr 25 % geneigten, kreisrunden Druckstollen von 2,20 m lichter Weite gelangt. Am Ende dieses Druckstollens wird eine, zur Aufnahme der Absperrorgane dienende Kammer angeordnet, die sich nach oben in einen rund 30 m hohen und 3,30 m weiten kreisförmigen, mit eisernen Podesten und Leitern ausgerüsteten Vertikalschacht bis ober Gelände fortsetzt.

Von den Absperrorganen an erfolgt die Wasserführung (max. 8 m³/Sek.) durch eine, in einem Schrägstollen von rund 1700 m Länge und 15 bis 48 % Neigung frei verlegte eiserne Rohrleitung, deren Durchmesser von 1800 bis auf 1200 mm abgestuft ist (Abb. 5, Taf. 47). Das obere Drittel ist genietet, das untere Stück wassergasgeschweifst; alle Rohrverbindungen sind durch Nietmuffen hergestellt. Jeder von den drei Abschnitten hat am oberen Ende eine Stopfbüchse. Die gröfste Wandstärke beträgt 46 mm, das Gesamtgewicht 2300 t. Neben der Rohrleitung wird in dem 2,9 m breiten Stollen von hufeisenförmigem Querschnitt eine Stiege eingebaut, auf der man vom Enzingerboden zu den Absperrorganen und von hier durch den vorgenannten Vertikalschacht auf den Tauernmoosboden gelangt.

Durch die beschriebene Ausführung eines Schrägstollens ohne Zwischenschaltung einer flachgeneigten Rohrstrecke wird ein Wasserschlofs erspart, da dessen Aufgabe in diesem Falle vom Wasserspeicher selbst übernommen wird.

Das vom Schrägstollen durchörterte Gebirge besteht der Hauptsache nach aus Flasergneis mit eingeschobenen Serizitschichten und ist trocken. Diese günstigen Gebirgsverhältnisse ermöglichen es, den Stollen zum Grofsteil unverkleidet zu belassen.

In dem am Enzingerboden am Fufs des Sprengkogels (Textabb. 18) in Ausführung begriffenen Krafthaus werden vorläufig vier (später sechs) Maschinensätze für je 8000 PS von ähnlicher Beschaffenheit wie jene des Spullerseewerkes, jedoch für rund 520 m Gefälle und für 500 Umdr./Min. aufgestellt werden. Die Anordnung des Schalthauses wird jedoch von jener des Spullerseewerkes gänzlich abweichen und einen Fortschritt in der Raum- und Kostenersparnis bedeuten. Die Umspanner werden im Freien aufgestellt, was auch bei dieser Meereshöhe von fast 1500 m ohne weiters zulässig ist, während die Vorrichtungen für ihre künstliche Kühlung in ihren vom Schalthaus zugänglichen Betonfundamenten untergebracht werden; die ganze übrige Schaltanlage wird in einer offenen Schalthalle ohne Unterteilungswände oder Zellen vereinigt werden. Für die Ölschalter, die infolge des Parallellaufes mit vier anderen Kraftwerken gewaltige Kurzschlufsleistungen abzuschalten haben werden, ist die in Deutschland für mehrere Anlagen (Berlin, Hamburg, Frankfurt a. M., Jena usw.) angewendete Aufhängung in nach aufsen ständig offenen geräumigen Zellen gewählt worden. Die Schalter hängen hierbei an ihren auf Eisenbetondecken aufgesetzten Deckeln. Diese Anordnung bietet die weitestgehende Sicherheit selbst für den Fall, dafs ein Schalter infolge Stehenbleibens in einer Mittelstellung durch die dann unvermeidliche Gasentwicklung zerknallen würde.

Die Einphasengeneratoren sind für 4000 kVA Dauerleistung bei $\cos \varphi = 1$ bis 0,7 und daran anschliefsend 5500



Abb. 16. Stubachwerk Ansicht des Grünsees mit Wehr.



Abb. 17. Stubachwerk: Tauernmoosboden mit Baustelle für die Sperrmauer. Im Hintergrund die Hohe Riffl

oder 7 500 kVA durch 30 bzw. 6 Minuten bei cos $\varphi = 1$ bis 0,8 bemessen. Die Umspanner haben die gleichen Leistungen und eine Dauerleistung im gewöhnlichen Sinn von 5 000 kVA.

Für die Zugänglichmachung der Baustellen und insbesonders für die Beförderung der schweren Maschinen zum Krafthause war es erforderlich, die bestehende Strafse von Uttendorf bis in die Schneiderau entsprechend umzubauen und von hier bis auf den Enzingerboden als Privatstrafse der Österreichischen Bundesbahnen fortzusetzen. Diese insgesamt 17,2 km lange, durch das wildromantische Stubachtal führende Strafse ist für den Kraftwagenverkehr ausgestaltet, überwindet einen Höhenunterschied von nahezu 700 m und besitzt Steigungen bis 11 %.

Das **Mallnitzwerk** nützt die zwischen Lassach und Obervellach liegende, 320 m hohe Gefällstufe der aus den Hohen Tauern und zwar aus einem Niederschlagsgebiete von 112 km² kommenden und im Mallnitzbach abfliefsenden Gewässer aus

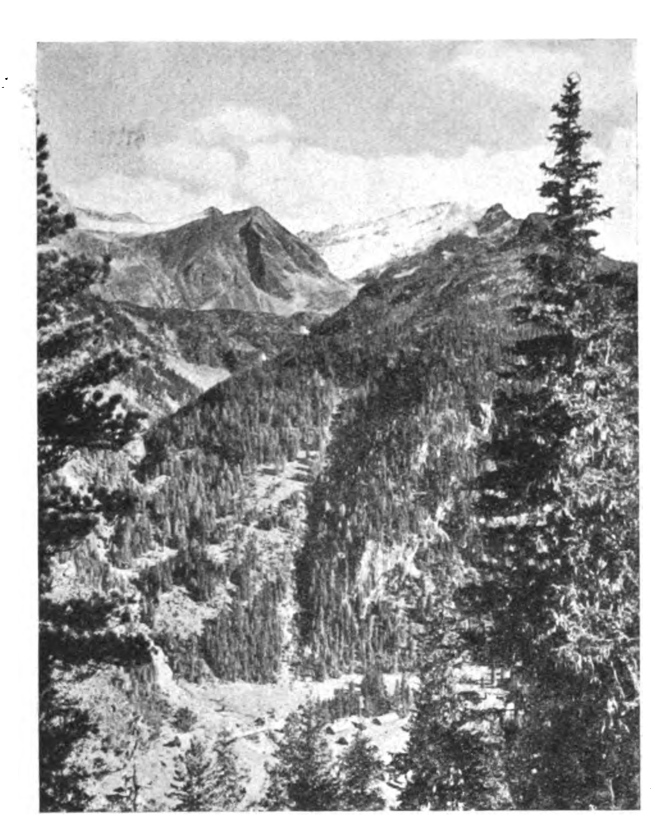


Abb. 18. Stubachwerk: Enzingerboden (rechts im Vordergrund der Sprengkogel).

(Abb. 4 und 8, Taf. 47). Zum Zwecke der Wasserfassung wurde in den Mallnitzbach ein festes, 14 m langes Wehr (Textabb. 19) mit einem seitlichen 4 m breiten Grundablafs eingebaut. Nach Durchfliefsen des dem rund 17 m breiten Einlauf vorgelagerten Rechens gelangt das Betriebswasser durch vier, mit Schützen verschliefsbare Öffnungen in eine nach dem Patente des Schweizer Ingenieurs Büchi errichtete Entsandungsanlage. Diese besteht aus vier nebeneinander liegenden Kammern, die entsprechend dem Bedarf in Betrieb genommen werden können. In diesen Kammern befinden sich die Sondereinrichtungen Büchis, welche aus Rechenanlagen und einer nahezu in Wasserspiegelhöhe liegenden Jalousie, der Abzugvorrichtung, bestehen. Das durch die letztere durchgedrückte und entsandete Wasser fällt über ein Übereich in ein Sammelgerinne, das aufserhalb der Entsandungsanlage in den gedeckten Oberwasserkanal übergeht. Der infolge Verringerung der Wassergeschwindigkeit in den Kammern niedergeschlagene Sand wird durch Spülauslässe in einen gemeinsamen Sandablafskanal geführt, der unterhalb der Wehranlage in das Mallnitzbett mündet.

Von der Entsandungsanlage führt ein 95 m langes, überdecktes Betongerinne in den rund 2,6 km langen Freispiegelstollen von fast kreisförmigem Querschnitt und 0,9 ‰ Gefälle (Abb. 4, Taf. 47). Bei einer Wassertiefe von 1,80 m vermag der Stollen rund 5 m³/Sek. Wasser abzuführen.

Der Stollen durchörtert in der Anfangsstrecke Hangschutt und Grundmoräne aus lehmig-sandigem Material mit eingebetteten Blöcken, sodann Glimmerschiefer mit reichen, quarzitischen und kalkigen Einlagerungen. Der Stollenausgang liegt in dunklem, graphitischem Urtonschiefer, der von zahlreichen Quarzit- und Kalzitadern durchzogen ist. Infolge der stark wechselnden Beschaffenheit und Lagerung des streckenweise sehr wasserführenden Gebirges ist die Ausmauerung des Stollens von verschiedener Stärke.

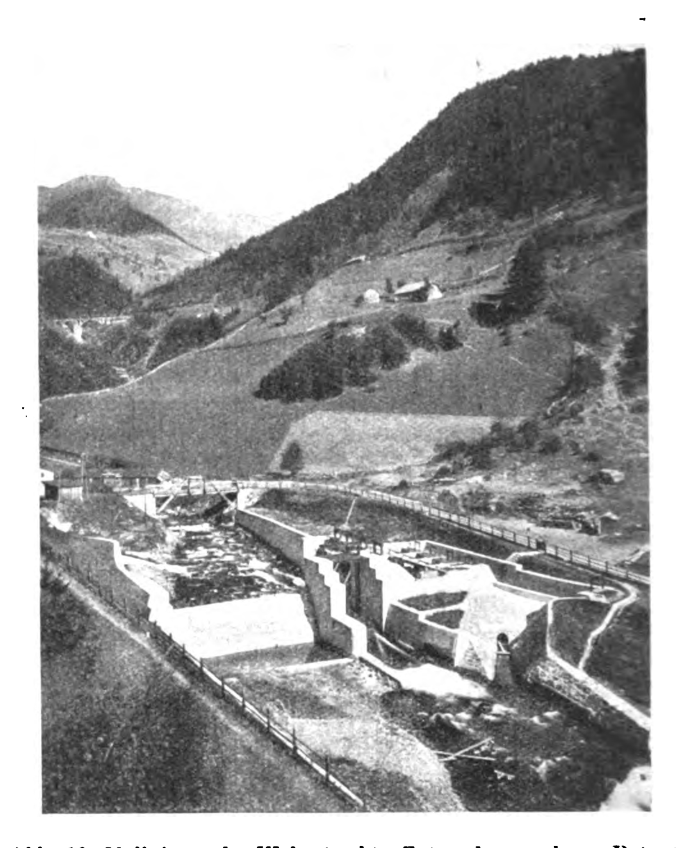


Abb. 19. Mallnitzwerk: Wehr (rechts Entsandungsanlage, Patent Büchi). Im Hintergrund der Dössenviadukt der Tauernbahn.

Der Stollen mündet in ein rund 60 m unterhalb der Tauernbahn liegendes Wasserschlofs von 3 800 m³ nutzbarem Inhalt. Das hier während der Bauausführung auftretende oberflächliche Abbrechen der bergwärts einfallenden Kalkphyllit- und Quarzitschichten, das auch Anlafs zu Absitzungen des darüberliegenden Hangschuttes gab, erforderte kräftige Einbauten und auch ein nachträgliches Einziehen von Eisenbetonstreben in den Wasserschlofsbehälter.

Das Wasserschlofs besteht aus der Ein- und Auslaufkammer von 16 m Länge und 8 m Breite und einem 43 m langen vollkommen in Eisenbeton ausgeführten, in der Schichtenlinie der Berglehne verlaufenden Schlauche mit dreieckigem Querschnitt. Beide Beckenteile sind durch Schützenanlagen gegeneinander absperrbar. An der Bergseite der Kammer mündet der Stollen ein; in der Sohle der Kammer befinden sich zwei, durch Korbrechen geschützte Einlauftrompeten zu den Druckrohren. Die Entlastung des Wasserschlosses erfolgt durch einen vierstufigen

Heberüberfall. Das durch diesen Überfall und das durch den eingebauten Grundablafs abfliefsende Wasser wird durch ein gemeinsames Rohr von 1,25 m Durchmesser dem Leerlaufgerinne zugeführt.

Das Mallnitzwerk erhält zunächst eine (später zwei) Rohrleitung von 720 m Länge bei 35 at Betriebsdruck und Durchmessern von 1200/1150/1100 mm. Sie ist im oberen Teil genietet, im unteren wassergasgeschweifst und hat überall Nietmuffenverbindungen. Jeder von den fünf freiliegenden Abschnitten hat oben eine Stopfbüchse. Die Wandstärke beträgt zwischen 10 und 25 mm.

Parallel zur Druckrohrleitung wird ein betoniertes Leerlaufgerinne ähnlich dem des Ruetzwerkes ausgeführt. Im Hinblick auf die in neuerer Zeit gesammelten Erfahrungen über den Wasserabflufs in solchen Steilgerinnen wird beim Mallnitzwerk von einer Verkleidung des Betongerinnes mit Holzbohlen abgesehen. Die Energie des im Leerlaufgerinne abfliefsenden Wassers wird im Tale in einem, in Stein gemauerten Tosbecken vernichtet, dessen Form und Ausmafse nach eigens hierzu in kleinerem Mafsstab ausgeführten Versuchen festgelegt wurden. Aus diesem Tosbecken wird das Wasser in den Unterwassergraben abgeleitet.

Im Krafthaus werden zunächst zwei (später vier) Hauptmaschinensätze zu 5000 PS Dauerleistung aufgestellt. Die Einphasengeneratoren sind für eine Dauerleistung von 4800 kVA bei $\cos \varphi = 1$ bis 0,65, 6000 V und 500 Umdr./Min. gebaut, die Umspanner für eine Dauerleistung von 5300 kVA. Für den Eigenbedarf wird ein kleiner Turbinensatz und ein Umformer, beide für Gleichstrom von 220 V aufgestellt. Die Schaltanlage wird grundsätzlich die gleiche Anordnung wie beim Stubachwerk haben.

Der über 600 m lange betonierte Unterwassergraben wird mit einem durchschnittlichen Gefälle von $2^0/_{00}$ bis zur Einmündung in die Möll geführt.

Die Wasserführung des Mallnitzbaches schwankt sehr stark mit der Jahreszeit und kann im Winter bis 0,6 m^3 Sek. herab sinken. Die Jahresmittelleistung des Werkes beträgt bei Vollausbau rund 8600 PS, die Jahresarbeit 50 Millionen kWh. Vorläufig wird das Werk Spitzenleistungen bis 10000 PS und nach erfolgtem Ausbau bis 20000 Ps übernehmen können.

Im Verein mit dem der Tiroler Wasserkraftwerke A.-G. gehörenden **Achenseewerk**, das auf Grund eines abgeschlossenen Vertrags einen Teil der Energie für Bahnbetriebszwecke decken wird, und dem vorbeschriebenen Stubachwerk bildet das Mallnitzwerk eine Kraftwerkgruppe, durch die in einem ungünstigsten Jahre eine Leistung von rund 10000 kW entsprechend einer Jahresarbeit von rund 90 Millionen kWh erzielt werden kann. Beim Zusammenwirken der drei Kraftwerke wird dem Mallnitz- und dem Achenseewerk die Deckung der Grundbelastung und dem Stubachwerk ein insbesondere in den Wintermonaten zu leistender, bis 34 Millionen kWh betragender Anteil an der Jahresarbeit zukommen.

II. Unterwerke.

Aufser dem baulich und betrieblich mit dem Spullerseewerk unmittelbar vereinten, im vorhergehenden beschriebenen Unterwerke Danöfen sind für die Elektrisierung der Linie Salzburg—Buchs mit den Abzweigungen Wörgl—Kufstein, Innsbruck—Brenner und Feldkirch—Buchs noch elf, also im ganzen zwölf Unterwerke für die Herabsetzung der Spannung von 50 bis 55 auf 15 bis 16,5 kV errichtet worden oder im Bau.

A. Gebäudeunterwerke Zirl, Roppen, Flirsch und Danöfen.

Die genannten vier für die Speisung der eigentlichen Arlbergstrecke dienenden Unterwerke sind als Gebäudeunterwerke zu einer Zeit errichtet worden, wo die Frage nach der vollkommenen Betriebsicherheit von Freiluftunterwerken in Gebirgsgegenden noch strittig war. In den Unterwerken Zirl, Roppen und Flirsch sind die Umspanner in einem eingeschossigen Vorbau des Unterwerkes in einzelnen, nur von aufsen zugänglichen Zellen untergebracht. In diesem Vorbau zwischen den Zellen sind auch die von innen zugänglichen zu den Umspannern gehörigen Ölrückkühlanlagen und ferner eine Schmutzölgrube mit darüber befindlicher Ölfilteranlage eingebaut. Im Erdgeschofs des zweigeschossigen Schalthausflügels sind beiderseits eines Bedienungsganges die Ölschalter in Zellen so aufgestellt, dafs sich auf der einen Seite die Umspannerschalter, auf der andern die Kupplungs- und Fahrleitungsschalter befinden. Im Erdgeschofs sind weiter noch der Befehlsraum mit dem Schaltpult, eine Umformer- und eine Niederspannungsschalttafel untergebracht, ferner der Batterie- und ein Lagerraum. Im ersten Stock sind in neben- und hintereinander liegenden Zellen die Sammelschienen, Trennschalter, Schutzdrosseln und Mefswandler für 50 und 15 kV untergebracht; ein besonderer Raum enthält den Überspannungsschutz.

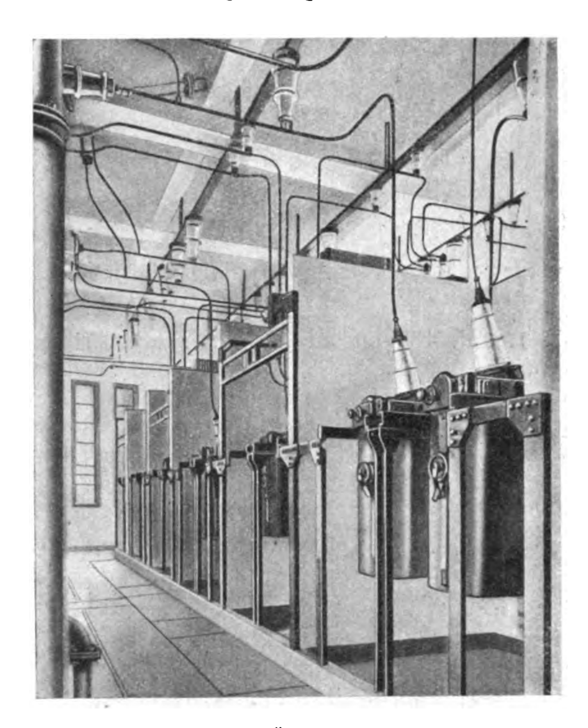


Abb. 20. Unterwerk Zirl: Ölschalterreihe (55 und 16,5 kV).

Die Leitungsausführungen befinden sich im 1. Stock an den Schmalseiten des Schalthausgebäudes (55 kV), sowie in einem Turmaufbau (16,5 kV).

In einem senkrecht zum Schalthaus hergestellten eingeschossigen Gebäudeteil ist die von einem Laufkran bestrichene Werkstätte so angeordnet, dafs das bei den Eingängen zu den Umspannerzellen vorbeiführende normalspurige, in die Gleise der Bahnstation eingebundene Gleis sich bis in die Werkstätte fortsetzt, wodurch es ermöglicht ist, ein- oder auszubauende Umspanner auf dem Fahrzeug bis unmittelbar unter den Laufkran zu bringen. Die Werkstätte enthält nebst ihrer normalen Einrichtung auch eine 3 m tiefe Umspannergrube.

Die grundsätzliche Schaltung jedes Unterwerkes ist aus der für das Unterwerk Danöfen in der Abb. 4, Taf. 48 gegebenen Schaltung zu ersehen, mit dem Zusatz, dafs bei den Gebäudeunterwerken die Übertragungsleitung über Trennmesser durchgeschaltet ist.

Was die Leistungsfähigkeit der Unterwerke betrifft, so gibt die nachstehende Zusammenstellung Stückzahl und Leistung der vorhandenen wie auch der später aufzustellenden Umspanner an; die Unterwerke sind dabei in der Reihenfolge von Westen nach Osten angeführt.

Zusammenstellung der Unterwerke.

Unterwerk	Stück Umspanner jetzt (später)	Leistungen eines Umspanners in kVA		Lieferer	
		dauernd	unmittelbar daran anschliefsend	Umspanner	Schaltanlage
Feldkirch (H)	3 (3)	1900	4750 durch 10 Min. oder		
			7600 „ 1 „	OESSW	OESSW
Danöfen (G)	2 (4)	2400	6000 „ 10 „		
			9600 „ 1 „	Elin	„
Flirsch (G)	3 (3)	wie oben	wie oben	„	Elin
Roppen (G)	2 (3)	1900	4750 durch 10 Min. oder		
			7600 „ 1 „	„	„
Zirl (G)	3 (3)	wie oben	wie oben	„	„
Matrei (H)	3 (4)	2100	5250 durch 10 Min. oder		
			8400 „ 1 „	OESSW	Sprecher, Schuh
Hall (H)	3 (4)	1900	4750 „ 10 „		
			7600 „ 1 „	„	OESSW
Wörgl (H)	3 (4)	2100	5250 „ 10 „		
			8400 „ 1 „	„	Sprecher, Schuh
Kitzbühel (H)	3 (4)	wie oben	wie oben	Elin	„ „
Saalfelden (H)	2 (4)	„ „	„ „	„	„ „
Schwarzach-St. Veit (H) .	3 (4)	„ „	„ „	„	„ „
Golling (H)	3 (4)	„ „	„ „	„	„ „

Es bedeutet G Gebäudewerk, H Halbfreiluftwerk. Die Unterwerke Matrei, Kitzbühel, Saalfelden und Schwarzach-St. Veit sind im Bau, das Unterwerk Golling ist noch nicht vergeben, alle anderen Unterwerke sind im Betrieb.

Abb. 1, Taf. 48 gibt für das Unterwerk Zirl dem Erdgeschofsgrundrifs, Abb. 2, Taf. 48 einen Querschnitt. Die Hochspannungsleitungen im Ölschalterraum sind gemischt gelegt, abwechselnd für 55 und für 16,5 kV. Das Unterwerk Zirl im besonderen speist aufser der zugehörigen Arlbergbahnstrecke auch noch über eine querfeldein geführte $1^1/_2$ km lange 16,5 kV-Leitung die von Innsbruck ausgehende Teilstrecke der Mittenwaldbahn. Es besteht die Absicht, deren 55 kV-Übertragungsleitung später überhaupt abzutragen. Textabb. 20 zeigt eine Ölschalterreihe. Die Ölschalter sind mit Steuerungen System Sprecher & Schuh ausgerüstet. Textabb. 21 zeigt das Einbringen eines Umspanners vom Rollwagen in die Zelle.

Abb. 21. Einbringen eines Umspanners vom Rollwagen in die Zelle.

Bemerkenswert ist, dafs die Höchstleistung, die von jedem Unterwerk nach vollem Ausbau gefordert werden wird, nicht — wie früher üblich — auf Grund eines bestimmten Fahrplans durch Ermittlung der Stromstärkenlinie und Bestimmung des quadratischen Mittelwertes, nebst einem entsprechenden Zuschlag, vorausberechnet wurde; vielmehr wurde angenommen, dafs im betreffenden Speisebereich infolge starker Verspätungen oder einer Verkehrsstockung nachträglich eine so grofse Anhäufung von Zügen auftritt, als die Gleiszahl und die Zugsicherungseinrichtungen dies erlauben; aus dem so ermittelten Leistungs-Zeitdiagramm ist die Zahl der nach einem bestimmten Belastungsspiel bemessenen Umspanner abgeleitet worden.

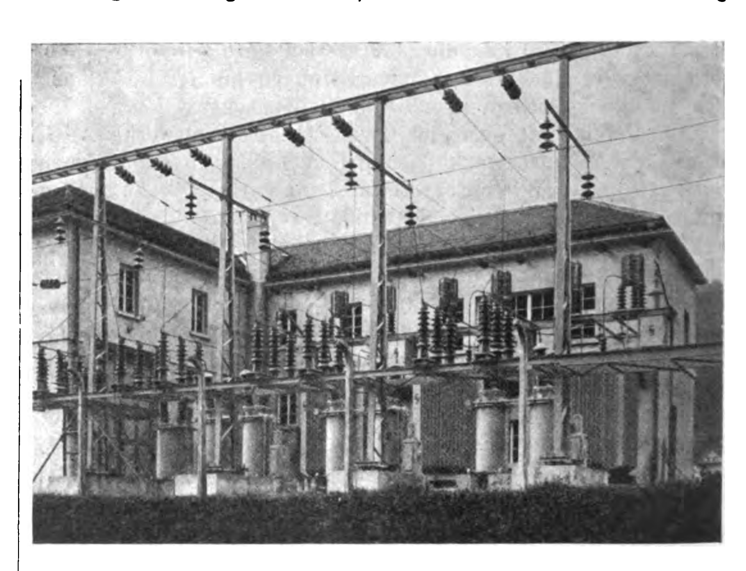


Abb. 22. Unterwerk Feldkirch: Ansicht des Freiluftteiles (55 kV), dahinter des Gebäudeteiles ($16^1/_2$ kV) und links der Werkstätte.

Die Unterwerke sind auf der 15 kV-Seite nicht paralellgeschaltet, sondern speisen freitragende Fahr- und Verstärkungsleitungsabschnitte. Die zugehörigen Ölschalter sind auf augenblickliche Lösung bei Überstrom (0,4 Sek.) eingestellt, um Gefährdungen in Schwachstromanlagen durch Kurzschlufsströme

zu vermeiden. Einige Unterwerke enthalten im Prüfstromkreis Leistungsfaktorzeiger. Es hat sich nämlich ergeben, daſs mitunter beim Fehlersuchen das Vorhandensein wattloser Magnetisierungsströme der auf der Strecke befindlichen Lokomotiven den Eindruck eines Kurzschlusses vortäuschen kann: die genannten Instrumente erlauben die gewünschte Unterscheidung.

Jedes Unterwerk hat eine Speicherbatterie für 110 V (bei den neueren Unterwerken ist wie bei den Kraftwerken durchwegs 220 V angewendet) und ein Ladeumformer von 22 PS mit Wechselstrommotor, endlich ein Eigenbedarfsumspanner, der auch die Heizung speist.

B. Halbfreiluftunterwerke Feldkirch, Matrei, Hall, Wörgl, Kitzbühel, Saalfelden, Schwarzach-St. Veit und Golling.

Die ursprünglich bestandenen Bedenken gegen die Verwendung von Freiluftanlagen wurden, soweit wenigstens die Meereshöhen im Bereiche der Bahnstrecken in Betracht kommen, durch die vorzüglichen Erfahrungen im Ausland, insbesondere bei den schweizerischen Bundesbahnen, vollkommen zerstreut. Man entschloſs sich daher auch in Österreich zu einer solchen Ausführung, die nicht allein billiger ist, sondern auch den Vorteil groſser Übersichtlichkeit und der Leichtigkeit von Zubauten oder Abänderungen in der Schaltanlage bietet (der letztere Vorteil tritt ganz besonders im Vergleich mit Gebäudewerken mit Eisenbetondecken und -wänden in Erscheinung). Die Österreichischen Bundesbahnen haben zum erstenmal eine Halbfreiluftanordnung gewählt, die dadurch gekennzeichnet ist, daſs die ganze 55-kV-Anlage im Freien aufgestellt, hingegen die 16,5 kV-Anlage in einem Gebäude untergebracht ist. Vergleichende Berechnungen, auch im Auslande, haben gezeigt, daſs unterhalb einer gewissen Spannung von etwa 25 bis 30 kV die Anordnung im Freien wegen der Eisengerüste teurer wird und mehr Platz braucht als die Anordnung in einem Gebäude. Der für die Unterbringung eines hochgelegenen Befehlsraumes ohnehin nötige Anbau wurde daher entsprechend vergröſsert, um die ganze Unterspannungsanlage aufzunehmen.

Im 1. Stockwerke des sehr klein ausfallenden Schalthauses (siehe Abb. 6, Taf. 48) befindet sich der Befehlsraum, ein Raum für die Fahrleitungsschalter und deren Überspannungsschutzapparate, ferner ein Raum für einen Umformer und die Eigenbedarfsschalttafel. Im Erdgeschoſs sind in Zellen die 15 kV-Ölschalter, der Eigenbedarfsumspanner samt Schalter und ein Kanzleiraum untergebracht. Der Keller schlieſslich enthält die Speicherbatterie mit Zellenschalter, die Reinöl- und Schmutzölbehälter und einen Lagerraum.

Die Übertragungsleitungen für 55 kV sind auf den Eisengerüsten der Freiluftanlage abgespannt, die 16,5 kV-Leitungen treten im 1. Stock aus dem Schalthaus. Eine zweiarmige Stiege führt vom Keller bis in den 1. Stock.

Alle 55 kV-Ölschalter sind ferngesteuert, die zugehörigen Trennmesser haben Rückmeldelampen für den Ölschalter. Die Textabb. 22 zeigt vorne die querlaufenden 55 kV-Sammelschienen, an welche links das $1^1/_2$ km lange vor Feldkirch beginnende Kabel angeschlossen ist, dahinter in der ersten Reihe die Trennmesser auf Gerüsten und die Ölschalter mit Durchführungsstromwandlern auf dem Boden, ganz hinten in der zweiten Reihe die Umspanner. Textabb. 23 zeigt deutlich die beiden Reihen, zwischen denen ein Transportgleis mit dem Rollwagen zu sehen ist. Textabb. 24 zeigt den Befehlsraum, in welchem alle mit dem Betrieb und dem Fehlersuchen zusammenhängenden Betätigungen und Beobachtungen vorgenommen werden können. Rechts ist das Schaltpult für die Umspanner, links sind die Steuerstände der mechanisch ferngesteuerten Ölschalter und darüber die Stromzeiger und Signallampen, im Hintergrund eine Tafel mit den Leitungsregistrierern und Zählern, ganz rechts eine Tafel für Ferntemperaturmessung und Gefahrfernmeldung für die Umspanner.

Die von einem 30 t-Laufkran mit elektrischem Hubwerk bestrichene Werstätte ist in ihrer Längsausdehnung senkrecht zur Schalthausachse gestellt, so daſs es möglich ist, auf dem durch die Werkstätte hindurch in die Freiluftanlage führenden, in die Stationsgleise eingebundenen Zufahrtsgleis Ölschalter und Umspanner unmittelbar in die Werkstätte zu führen. Zur Verminderung der Bauhöhe der Werkstätte ist eine Umspannergrube vorgesehen.

Die Freiluftanlage ist mit einem $2^1/_2$ m hohen Drahtgitter und darüber mit drei Reifen Stacheldraht eingefriedet.

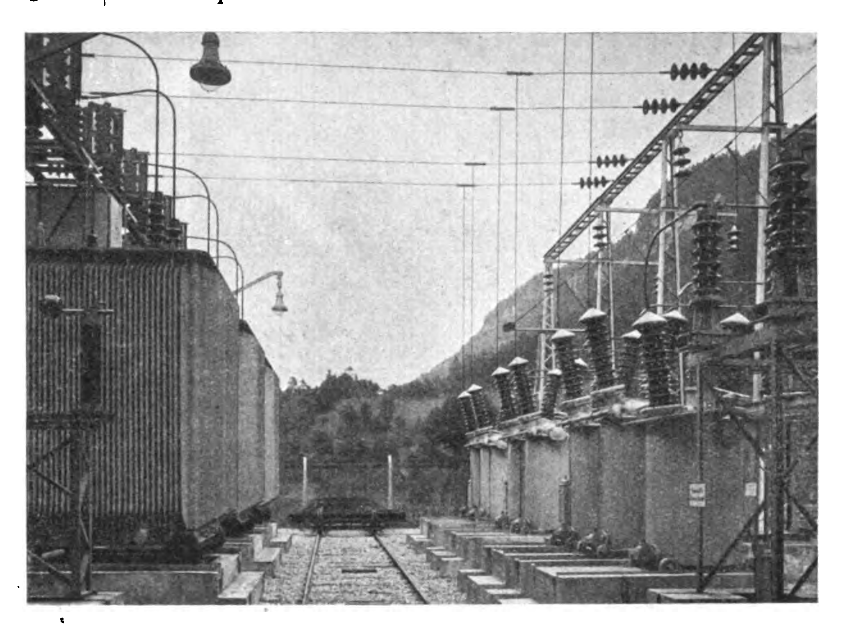


Abb. 23. Unterwerk Feldkirch: Trennmesser und Ölschalterreihe (rechts); Drosselspulen und Umspannerreihe (links).

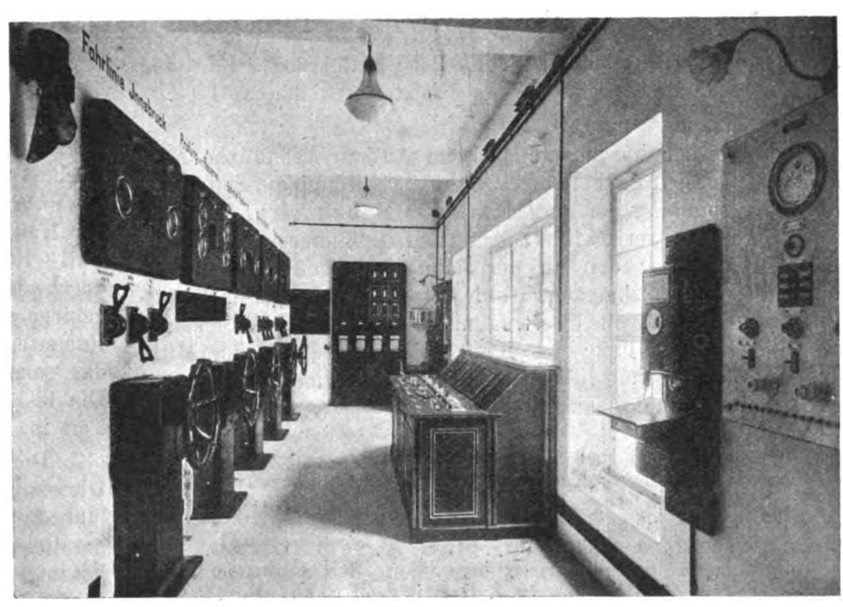


Abb. 24. Unterwerk Feldkirch: Befehlsraum.

Elektrisierung der Österreichischen Bundesbahnen.

Leitungsanlagen*).

Von Ministerialrat Ing. **Luithlen**, Abteilungsvorstand der Generaldirektion der Österreichischen Bundesbahnen und techn. Stellvertreter des Elektrisierungsdirektors.

Die Hochspannungs-Leitungsanlagen dienen einerseits der Übertragung der elektrischen Arbeit von den Kraftwerken zu den Unterwerken (Übertragungsleitungen), andererseits der Zuführung der Energie von den Unterwerken zu den Lokomotiven (Fahrdrahtleitungen mit den zugehörigen Hilfsleitungen, wie Speiseleitungen, Umgehungs- und Verstärkungsleitungen). Demgemäfs führen die Übertragungsleitungen Einphasenwechselstrom von 55000 V, die Fahrdrahtleitungen und Hilfsleitungen solchen von 15000 V Spannung.



Abb. 1. Übertragungsleitung Wörgl—Hall; Einführung der Leitung in das Achenseewerk. (Knüppelisolatoren.) (Elin A.-G.)

Das bisher ausgebaute und im Ausbau befindliche Netz der Übertragungsleitungen (vergl. Abbildung auf Seite 473) ist zur Verbindung der fünf Kraftwerke Mallnitzwerk, Stubachwerk, Achenseewerk, Ruetzwerk und Spullerseewerk untereinander und mit den an der Bahn gelegenen Unterwerken bestimmt. Die Salzkammergutlinie (Stainach-Irdning—Attnang-Puchheim) besitzt keine Übertragungsleitung, da es mit Rücksicht auf die günstige Lage des Kraftwerks (Steeg) in der Mitte der Strecke und auf die Verkehrsbelastung möglich ist, mit einem Speisepunkte auszukommen.

*) Siehe auch: Faber, „Die Fahrleitungs-Anlagen der elektrifizierten Salzkammergutbahn", Schweizerische Bauzeitung 1925, Heft 11. — Luithlen, „Die Leitungsanlagen der Arlberglinie und der Salzkammergutbahn der Österreichischen Bundesbahnen", Elektrotechnik und Maschinenbau 1925, Heft 19. — Luithlen, „Die Leitungsanlagen der elektrisierten Linien der Österreichischen Bundesbahnen", El. Bahnen 1927, Heft 6. — Luithlen, „Betrieb und Erhaltung der Stromerzeugungs- und Leitungsanlagen der Österreichischen Bundesbahnen" E. T. Z. 1927, Heft 34. — Truxa, „Schaulinien zur raschen Ermittlung des Durchhanges und der Beanspruchung von Leitungsseilen", E. u. M. 1923, Heft 34. — Truxa, „Beitrag zur Berechnung von schiefen Einzelspannfeldern und von Spannfeldern mit Abspannketten", E. u. M. 1924, Heft 33. — Truxa, „Freileitungen mit Hängeketten im Gebirgsgelände" E. u. M. 1925, Heft 11.

Die vom Mallnitzwerk nach dem Unterwerk Schwarzach-St. Veit zu führende Übertragungsleitung wird zwischen Mallnitz und Böckstein entweder als Freileitung über die rund 2400 m hohen Korntauern oder als Kabel durch den rund 8,5 km langen Tauerntunnel geführt werden. Das Unterwerk Golling wird durch eine von Schwarzach-St. Veit ausgehende Stichleitung gespeist werden. Vom Stubachwerk wird eine Doppelleitung bis zur Einmündung ins Salzachtal führen; dort gabelt sich die Leitung in einen gegen Schwarzach-St. Veit mit Abzweigung nach dem Unterwerk Saalfelden und einen über den Pafs Thurn nach dem Unterwerk Kitzbühel laufenden Leitungszug. Die von Kitzbühel nach dem Unterwerk Wörgl und von dort nach dem Unterwerk Hall führende Übertragungsleitung wird zwischen diesen zwei Unterwerken auch in das Achenseewerk eingeleitet

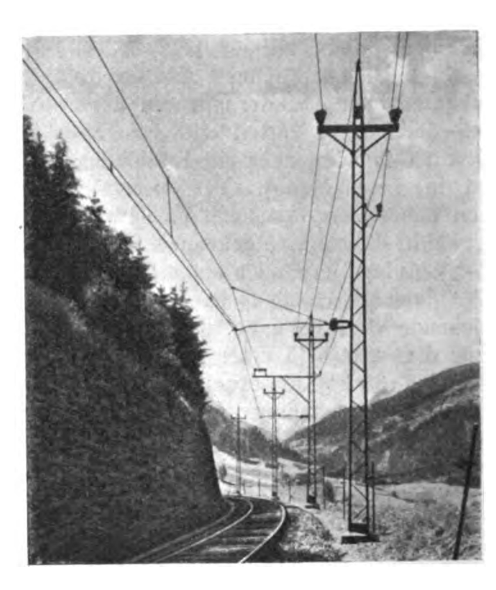


Abb. 2. Übertragungsleitung Ruetzwerk—Spullerseewerk; Führung der Leitung auf dem Fahrleitungsgestänge. (Weitschirmisolatoren.) (Ö. S. S. W.)

(Abb. 1). Während das Gelände zwischen Kitzbühel und Hall die Führung der Übertragungsleitung in längeren Strecken in der Nähe der Bahn gestattet, mufste die Teilstrecke Unterwerk Hall—Ruetzwerk zwecks Umgehung der Stadt Innsbruck fast durchwegs weit von der Bahnlinie entfernt über das Mittelgebirge (hinter Schlofs Ambras vorbei) verlegt werden. Beim Ruetzwerk zweigt eine Doppelleitung zum Unterwerk Matrei ab, das somit in die Leitung Ruetzwerk—Hall eingeschleift ist. Die bisher angeführten Leitungen sind zum Teil im Bau, zum Teil in Betrieb.

Die älteste, schon seit Mai 1925 in Betrieb stehende Übertragungsleitung Ruetzwerk—Spullerseewerk verläuft in der Teilstrecke Ruetzwerk—Innsbruck—Westbahnhof parallel mit der seit dem Jahre 1912 bestehenden Übertragungsleitung der Mittenwaldbahn. Welcher Fortschritt bei der Linienführung solcher Leitungen seither gemacht wurde, zeigt sich darin, dafs auf der genannten, rund 7 km langen Teilstrecke die Mittenwaldbahnleitung 93 Stützpunkte, dagegen die neue Leitung nur 58 Stützpunkte aufweist.

Von Innsbruck—Westbahnhof bis Landeck wurde der im Inntale verlaufende Leitungsweg so gewählt, dafs die Leitung soweit als möglich von der Bahn aus gesehen werden kann.

Allerdings konnte dieser Grundsatz wegen örtlicher Schwierigkeiten und Hindernisse (Steinschlaggefahr usw.) nicht durchwegs eingehalten werden. Bei Landeck verläfst die Übertragungsleitung das Inntal und wird auf dem Fahrleitungsgestänge bis St. Anton geführt (Abb. 2), wo der interessanteste Teil der Leitung nämlich die Arlbergpafsleitung beginnt. Da die Frage der betriebssicheren Herstellung von 55000 V-Kabeln zur Zeit der Entwurfsbearbeitung der Arlbergleitung noch nicht geklärt war, konnte der Weg durch den Arlbergtunnel nicht gewählt werden. Die Pafsleitung (Abb. 3) erreicht eine Höhe von 2019 m über dem Meere, der Scheitelpunkt liegt um rund 200 m höher als die Pafshöhe, weil der Leitungsweg der Lawinengefahr ausweichen mufste. Die während dreier Winter gemachten Erfahrungen ergaben, dafs die Wahl des Leitungsweges eine aufserordentlich günstige ist. Von Langen, dem Endpunkt der

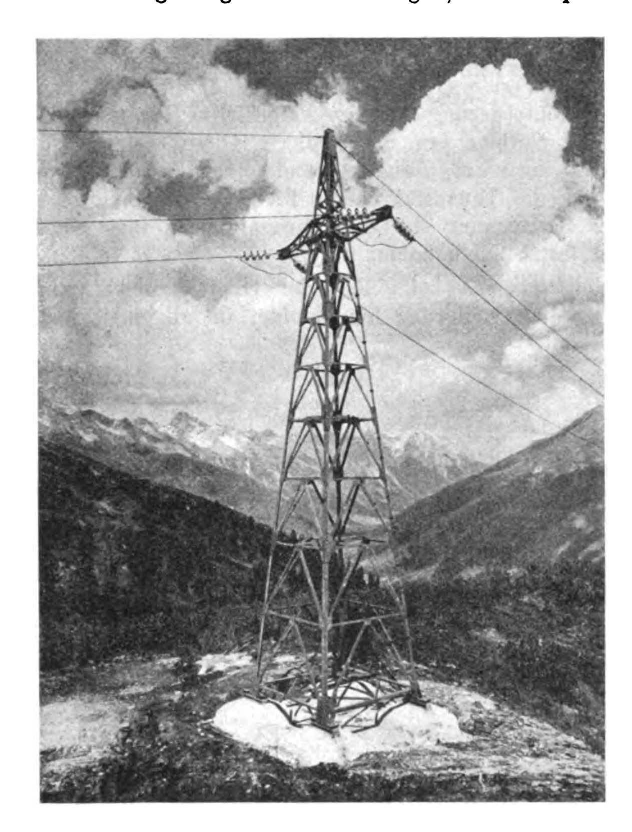


Abb. 3. Arlbergpafsleitung. Eckmast. Zwei Bronzeleitungen an je vier Kugelkopfabspannisolatoren. Oben eine Erdleitung aus Stahlseil. (Ö. S. S. W.)

Arlbergpafsleitung geht die Übertragungsleitung im Klostertale meist nächst dem Alfenzbach, an manchen Stellen, um den Lawinen auszuweichen, förmlich im Bachbett selbst geführt, zum Spullerseewerk.

Zwischen Innsbruck und Spullerseewerk sind die Unterwerke Zirl, Roppen und Flirsch auf die Übertragungsleitung aufgefädelt.

Westlich vom Spullerseewerk liegt noch das Unterwerk Feldkirch; die dorthin führende Übertragungsleitung verläuft nahe der Bahn und endigt bei Feldkirch (Abb. 4) in einem rund 2,5 km langen, im Bahnkörper verlaufenden Kabelstück, weil die Führung einer Freileitung dort grofsen örtlichen Schwierigkeiten begegnete.

Das Einleiterkabel ist mit Papierisolation und mit einer zwischen Isolation und Bleimantel eingelegten Aluminiumfolie ausgestattet, erhielt aber aufser einer den Bleimantel umgebenden Papier-Jute-Asphalt-Schichte keinen Schutz gegen äufsere mechanische Einwirkungen, da die sonst bei Kabeln übliche Eisenbewehrung in elektrischer Beziehung ungünstig wirken würde. Die Verlegung der Kabel mufste daher mit gröfster Sorgfalt in eigenen Betontrögen erfolgen.

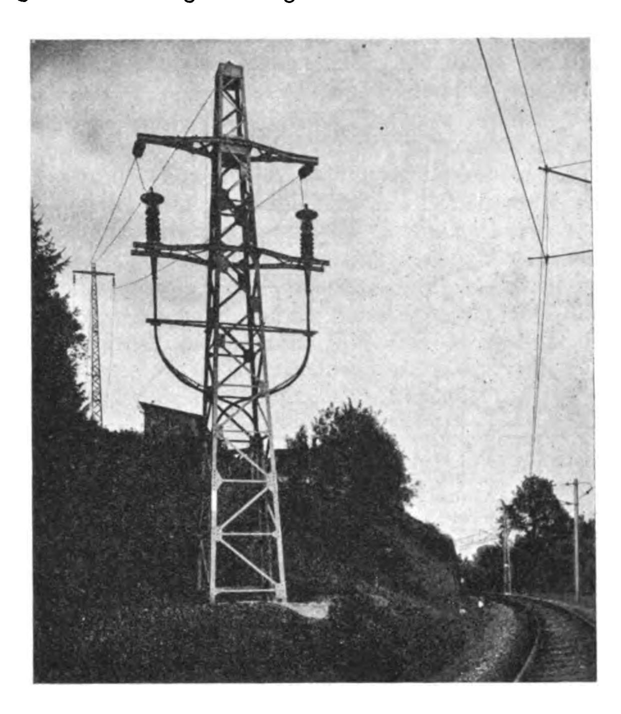


Abb. 4. Übergangsleitung Spullerseewerk—Feldkirch. Übergang von der Freileitung (Ö. B. E. G.) zur Kabelleitung (Ö. S. S. W.).

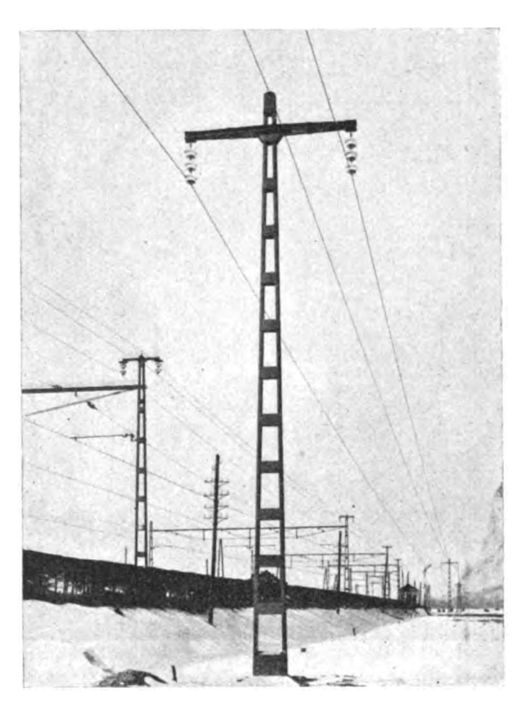


Abb. 5. Übergangsleitung Ruetzwerk—Spullerseewerk. Tragmast aus Eisen. Hewlett-Hängeisolatoren. (A. E. G. Union E. G.)

Obwohl das Kabel während längerer Zeit seine volle Betriebssicherheit erwiesen hat, kann die Herstellung einer 55000 V-Kabelleitung wegen der vergleichweise hohen Kosten höchstens noch im Tauerntunnel in Frage kommen. Alle übrigen Übertragungsleitungen wurden und werden als Freileitungen gebaut. Hierbei wird als Regelspannweite 180 m (früher 150 m) angewendet; der kleinste lotrechte Abstand

der Leitungen vom Erdboden beträgt 5 m. Das Gestänge besteht aus Eisen oder Eisenbeton. In der Geraden werden im allgemeinen leichte Tragmaste verwendet (Abb. 5); sie werden in Abständen von etwa 1 km von starken Abspannmasten ab-

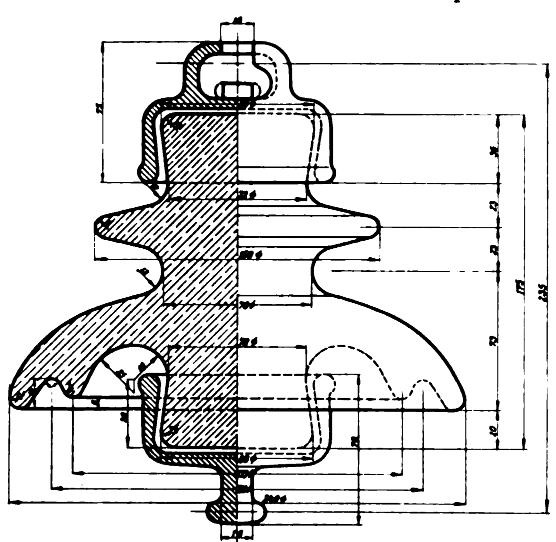


Abb. 6. Knüppelisolator.

gelöst, an welchen die Leitungen verankert werden. Das gleiche gilt für Maste bei Bahn- und Strafsenkreuzungen. An Punkten, wo die Leitung lot- oder wagrechte Bruchpunkte aufweist, kommen Eckmaste zu stehen.

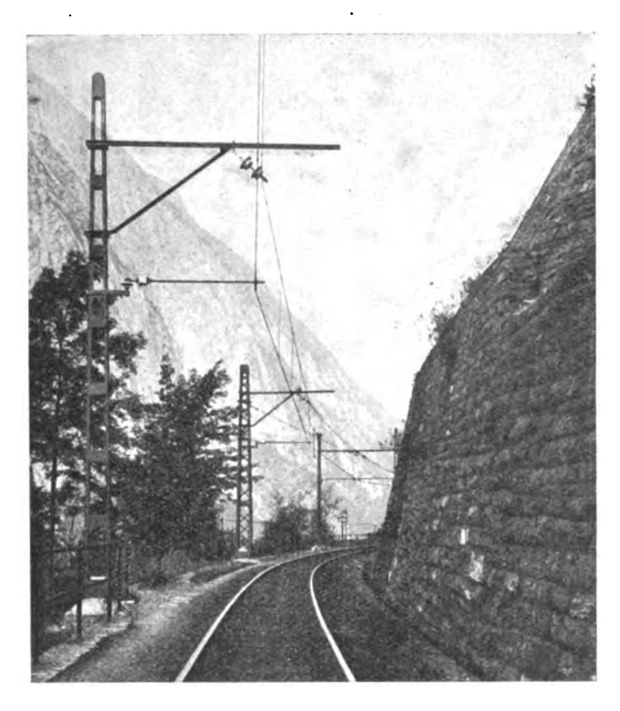


Abb. 7. Arlberglinie Langen—Bludenz. (A. E. G. Union E. G)

Die Isolation erfolgt (mit geringen Ausnahmen) durch Hängeisolatoren, die bei den älteren Leitungen der Hewlett-Bauart und Kugelkopftype, bei den neueren Leitungen der Knüppel-(Motorisolator-)Bauart (Abb. 6) angehören. Letztere Isolatortype wird in der Hänge- und Abspannlage in gleicher Form und zu dritt angeordnet, so dafs bei den neuen Leitungen von dem früher üblichen Vorgange der Verwendung verschiedener Formen und der Anordnung von vier Isolatoren in den Abspannketten Abstand genommen ist. Dies ist mit Rücksicht auf die Durchschlagsicherheit und die grofse Überschlagsspannung (Dreierkette unter Regen: Hängelage etwa 165 kV, Abspannlage etwa 185 kV) des gewählten Knüppelisolators ohne weiters zulässig.

Bei Überquerungen von Bahnen oder öffentlichen Strafsen werden zwecks Erhöhung der Sicherheit gegen Isolatorenbruch im Sinne der Sicherheitsvorschriften Isolator-Doppelketten angewendet.

Als Leitermaterial kommen im allgemeinen Kupferseile zur Anwendung, die Arlbergpafsleitung ist mit Bronzeseilen ausgestattet. Eine neue Aluminiumlegierung wird bei den Seilen der Pafs Thurn-Leitung Verwendung finden. Für das an der Spitze des Gestänges geführte Erdseil, das mit den an geeigneten Stellen in Entfernungen von etwa 1 km verlegten Erdnetzen verbunden ist, wird verzinktes Stahlseil verwendet.

Für die Anlage der Übertragungsleitungen sind die Sicherheitsvorschriften für elektrische Starkstromanlagen des Elektrotechnischen Vereines in Wien mafsgebend, die durch besondere von der Elektrisierungsdirektion aufgestellte Bedingnisse, Regelpläne und Normen ergänzt werden. Diese beziehen sich insbesonders auch auf die Mastgründungen, die soweit genormt sind, dafs die bauausführenden Firmen und Baudienststellen bei der Bestimmung der Gründungsausmafse nur die Bodengattung festzustellen haben.

Während sich beim Bau der Übertragungsleitungen im Laufe der Elektrisierung nur wenige, im allgemeinen auf das

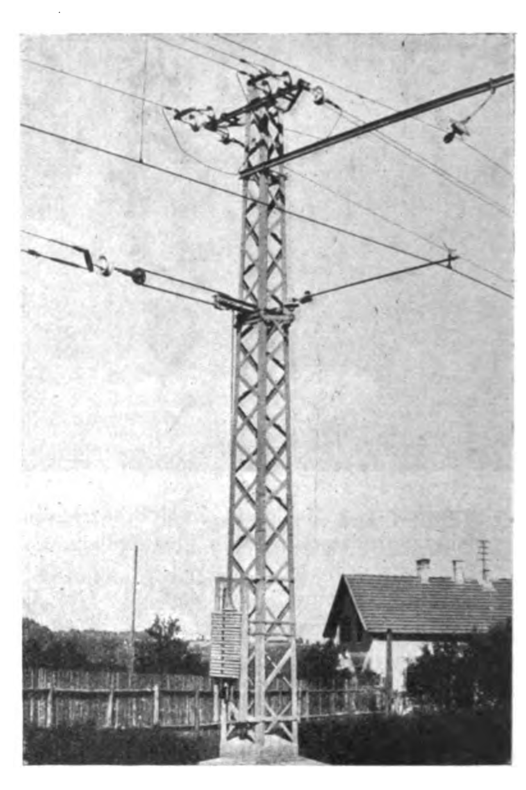


Abb. 8. Salzkammergutbahn Attnang—Ebensee, Nachspannvorrichtung. (A. E. G. Union E. G.)

angewendete Klemmenmaterial beschränkte Änderungen ergeben haben, weisen die Fahrleitungsanlagen einen durch die eigenen Erfahrungen und durch die ausländischen Beispiele beeinflufsten Entwicklungsgang mit ganz grundlegenden Änderungen der angewendeten Bauarten auf. In diesem Zusammenhang sei, wenn auch im vorliegenden Aufsatze nur die Elektrisierungsbauten auf den österreichischen Hauptbahnlinien besprochen werden sollen, doch kurz auf die älteren im österreichischen Bundesbahnbetrieb stehenden, mit Wechselstrom betriebenen

Lokalbahnen hingewiesen. Die Mariazellerbahn (St. Pölten — Mariazell — Gufswerk; elektrisch betrieben seit 1911) besitzt eine Fahrleitung der bekannten Siemens-Bauart mit Hilfstragdraht und selbsttätiger Nachspannung des Fahrdrahtes allein, während die im Jahre 1912 eröffnete Mittenwaldbahn mit einer einfachen Kettenfahrleitung ohne selbsttätige Nachspannung ausgestattet, ferner die im Jahre 1914 eröffnete Lokalbahn Wien — Hainburg (Landesgrenze) nach einer von der A. E. G.-Union E. G. entwickelten Bauart mit selbsttätiger Nachspannung von Fahrdraht und Tragseil hergestellt wurde. Der Bau dieser Bahn fiel in die Epoche des Bestrebens nach grofsen Spannweiten und wurde daher mit einer Regelspannweite von 100 m gebaut. Die sowohl hier als auch im Auslande mit dieser Spannweite gemachten Erfahrungen hinsichtlich des zu grofsen Windabtriebs führten bei der Hauptbahnelektrisierung zur Wahl kleinerer Spannweiten. Im übrigen wurde aber aus der bei der Lokalbahn Wien—Hainburg angewendeten Bauart jenes Fahrleitungssystem weiter entwickelt, das auf den Teilstrecken Innsbruck — Telfs und Langen — Bludenz der Arlberglinie sowie auf der Teilstrecke Attnang — Pucheim-Ebensee der Salzkammergutbahn zur Anwendung gelangte.

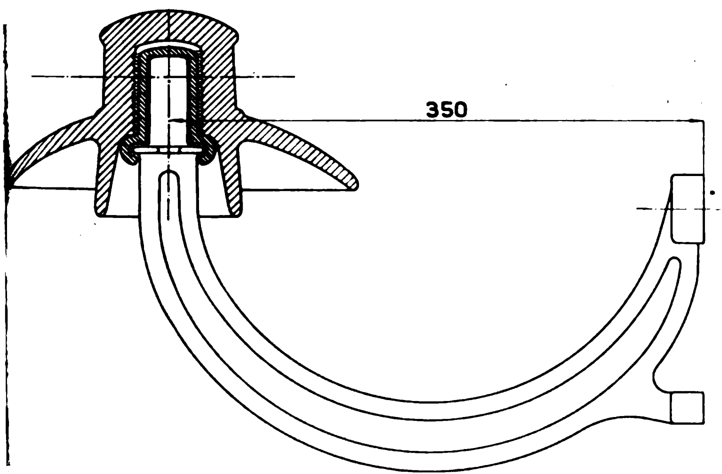


Abb. 9. Salzkammergutbahn. Ausgebuchster Isolator. (Ö. B. B. W.)

Wir sehen bei dieser Bauart (Abb. 7) ein auf Rollen verlegtes Tragseil, an dem mit (gröfstenteils) lotrechten Drahthängern der Fahrdraht aufgehängt ist. Die selbsttätige Nachspannvorrichtung (Abb. 8) besitzt einen Ausgleichshebel, der die verschiedene Ausdehnung des mit einem gemeinsamen Gewichte nachgespannten Tragseiles (Stahl) und Fahrdrahtes (Kupfer) ausgleicht. Auf der übrigen Teilstrecke der Arlberglinie, nämlich auf der Strecke Telfs — Langen wurde die bei der Mariazellerbahn und bei mehreren ausländischen Bahnlinien bewährte Bauart mit Hilfstragdraht angewendet, an dem der Fahrdraht mit kurzen Schlaufen aufgehängt ist. Das Tragseil und der an ihm mit lotrechten Hängern befestigte Hilfstragdraht ist fest verlegt und nur der Fahrdraht ist selbsttätig mit Gewichten nachgespannt.

Haben sich auch diese beiden, bei der Erstlingslinie der österreichischen Hauptbahnelektrisierung angewendeten Fahrleitungssysteme — teilweise nach einigen Anfangsschwierigkeiten, teilweise ohne jeden Anstand — bewährt, so wurde doch bei der darauffolgenden Planung der Elektrisierung der Salzkammergutlinie der Wunsch nach einem einfacheren und billigeren System rege. Diesem Bestreben wurde durch die Anwendung einer Bauart, mit drehbaren Auslegern Rechnung getragen, einer Bauart, die zuerst von den Siemens Schuckert Werken bei den Schwedischen Staatsbahnen angewendet wurde. Es kamen zwei Formen dieser Bauart zur Ausführung.

Das eine, von den österreichischen Brown Boveri Werken ausgebildete, auf der Teilstrecke Stainach — Irdning-Bad Aussee eingebaute System ist durch die Anwendung eines ausgebuchsten Isolators (Abb. 9) beim Drehpunkte gekennzeichnet. Bei der anderen, von den österreichischen Siemens Schuckert Werken nach dem schwedischen Muster weiter entwickelten, bei der Ausrüstung der Strecke Bad Aussee — Ebensee angewendeten Bauart (Abb. 10) findet die Drehung des Auslegers um die in Auslegern drehbar angeordneten Isolatorstützen statt. Bei beiden Systemen werden Tragseil und Fahrdraht selbsttätig nachgespannt und zwar auf der Strecke Stainach—Irdning-Bad Aussee auch in den Bahnhöfen, während auf der Strecke Bad Aussee — Ebensee die Tragseile in den Bahnhöfen fest verlegt und nur die Fahrdrähte nachgespannt sind.

Als nach Fertigstellung der elektrischen Ausrüstung der Salzkammergutbahn an die Fortsetzung der Elektrisierung in Vorarlberg (anschliefsend an die Strecke Innsbruck—Bludenz) geschritten wurde, stand bereits fest, dafs wieder eine Bauart

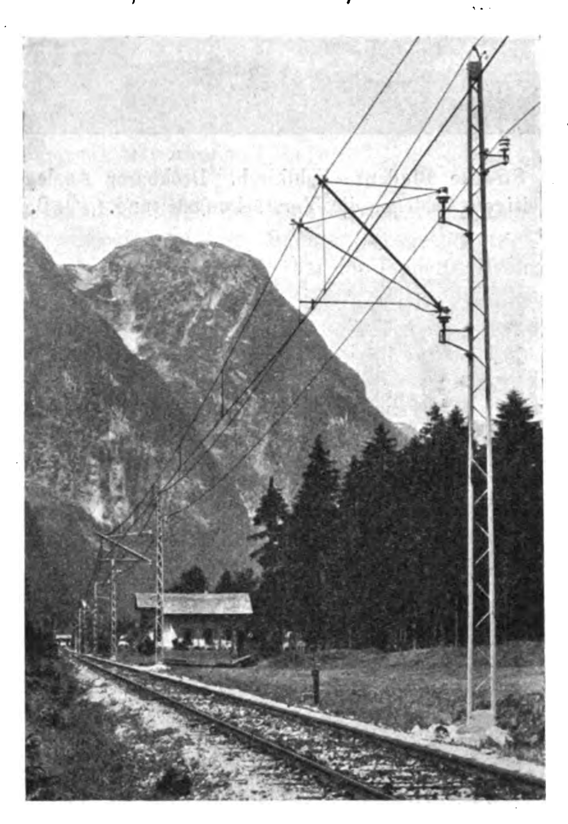


Abb. 10. Salzkammergutbahn Bad Aussee—Ebensee. Festpunkt. (Ö. S. S. W.)

mit drehbaren Auslegern zur Anwendung gelangen solle. Inzwischen hatte aber die Fabrikation der Isolatoren einen grofsen Schritt nach vorwärts gemacht und es schien möglich, einer schon früher gegebenen Anregung des Elektrisierungsdirektors Ing. Dittes folgend, das Porzellan des Isolators auf Zug zu beanspruchen und so mit Hilfe eines Knüppelisolators eine einfache Befestigung des drehbaren Auslegers am Maste zu finden. Diesen Gedanken führte die Österreichische Bergmann-Elektrizitätsgesellschaft unter Anwendung eines von ihr eigens zu diesem Zwecke entwickelten, in Abb. 6 dargestellten, Knüppelisolators, im Gedankenaustausch mit der Elektrisierungsdirektion in einer Bauart aus, die aus Abb. 11 zu ersehen ist. Der untere Isolator ist lot- und wagrecht beweglich an einem Tragarm befestigt und trägt die an dem oberen Isolator mit einem Draht befestigte Stützstrebe, an welcher die Fahrleitungskette aufgehängt ist. Beide Isolatoren besitzen den gleichen Porzellankörper und unterscheiden sich voneinander nur durch die Armatur; der obere Isolator ist ebenso wie der die Verstärkungsleitung tragende Isolator identisch mit dem

bei den Übertragungsleitungen verwendeten der Abb. 6. Die ganze Fahrleitungskette (Tragseil nnd Fahrdraht) wird auf der freien Strecke selbsttätig mit Gewichten nachgespannt (Abb. 12), in den Bahnhöfen wird das Tragseil fest verlegt und die automatische Nachspannung auf den Fahrdraht beschränkt.

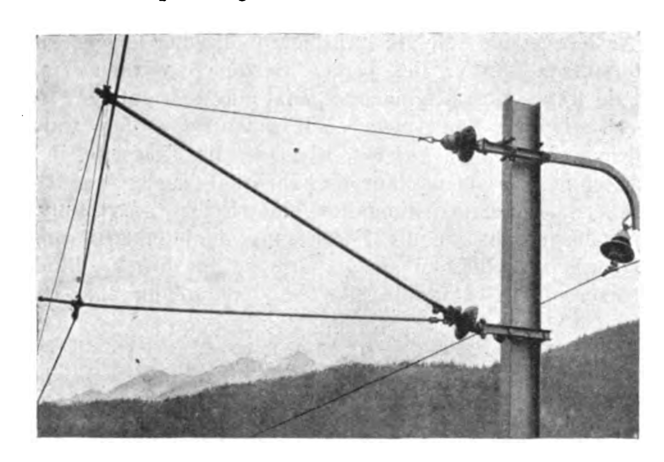


Abb. 11. Strecke Bludenz—Feldkirch. Drehbarer Ausleger. Am rechtsseitigen Ausleger die Verstärkungsleitung. (Ö. B. E. G.)

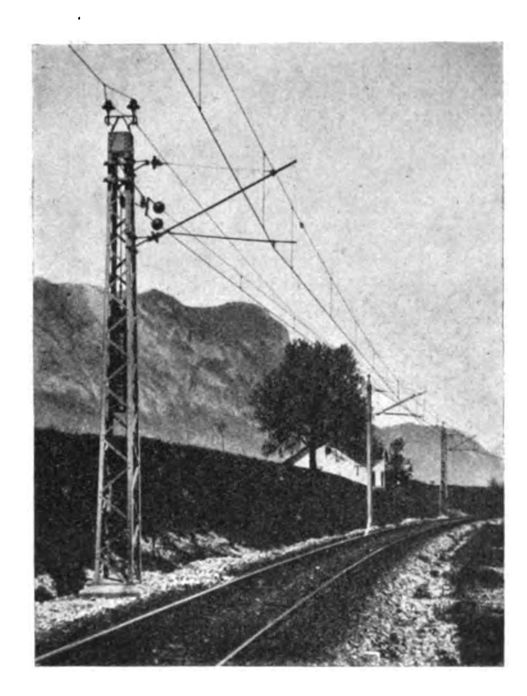


Abb. 12. Strecke Kufstein—Wörgl. Selbsttätige Nachspannvorrichtung auf freier Strecke. (Ö. S. S. W.)

Diese Bauart wurde auf den Vorarlberger Linien (Bludenz—Feldkirch—Buchs bzw. Bregenz) und auf der eingleisigen Teilstrecke Kufstein—Wörgl ferner — für die zweigleisige Anordnung ausgestaltet — auf den Strecken Saalfelden—Wörgl und Kufstein—Wörgl—Innsbruck—Brenner von allen österreichischen Elektrizitätsfirmen ausgeführt, so dafs füglich von einer »Einheitsfahrleitung« gesprochen werden kann. Mit Rücksicht auf die bisherigen Betriebserfahrungen wird auch für die Strecke Salzburg—Saalfelden das gleiche Fahrleitungssystem Anwendung finden. Es dürfte demnach in der im vorstehenden skizzierten Entwicklung des Fahrleitungsbaues bei den Österreichischen Bundesbahnen ein gewisser Ruhepunkt erreicht sein.

Im Gegensatz zu den Übertragsleitungen bestehen für die Fahrleitungsanlagen keine vom Elektrotechnischen Verein oder sonstiger autoritativer Seite herausgegebenen Vorschriften, so dafs die grundlegenden Bestimmungen für den Fahrleitungsbau von der Bahn selbst festgesetzt werden müssen. Es entstand dadurch eine ganze Reihe von Normen, Regelblättern, Baustoffbedingnissen usw., die noch immer, dem Fortschritt der Fabrikation sowie den Bau- und Betriebserfahrungen folgend, ausgebaut wird. Es ist interessant festzustellen, dafs durch diesen Vorgang in manchen Fabrikationszweigen und Lieferwerken grofse Fortschritte in der Verbesserung der Qualität erzielt wurden.

Natürlich wurde und wird von den Österreichischen Bundesbahnen die Entwicklung des Fahrleitungsbaues im Auslande und insbesonders im Deutschen Reiche fortlaufend verfolgt. Die Mitarbeit im Vereine Deutscher Eisenbahnverwaltungen und im Internationalen Eisenbahnverband ermöglicht es, bei der Neubearbeitung der bestehenden bzw. Aufstellung neuer technischer Vereinbarungen einerseits den österreichischen Verhältnissen Berücksichtigung zu verschaffen, andererseits die in Entstehung befindlichen Bestimmungen soweit als möglich schon beim Bau zu berücksichtigen. Durch das Entgegenkommen der Deutschen Reichsbahn-Gesellschaft konnten Vertreter der Elektrisierungsdirektion an den Beratungen betreffend die Vorschriften der Deutschen Reichsbahn-Gesellschaft über die Ausführung der Fahrleitungen teilnehmen und so die Entwicklung dieser Vorschriften mitmachen. Viele dort verankerte Grundsätze haben denn auch auf den Österreichischen Bundesbahnen Geltung erhalten, doch sind diese in mancher Beziehung auch wieder eigene Wege gegangen, wie aus den folgenden Einzelheiten entnommen werden kann.

Das Gestänge der Fahrleitungsanlagen ist (bis auf einige mit Holzmasten ausgerüstete Teilstrecken der Arlberg- und Salzkammergutlinie), aus Eisen hergestellt. Eisenbeton kam

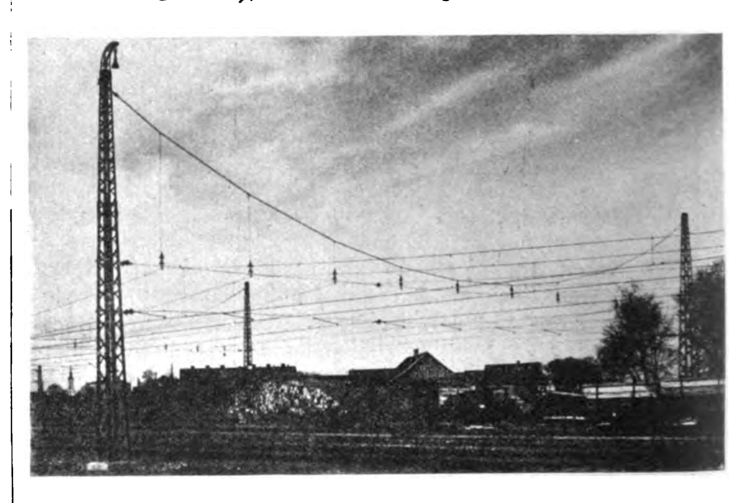


Abb. 13. Bahnhof Bregenz. Doppelte Isolation in den Hängern wegen länger dauernden Dampfbetriebes. (Ö. S. S. W.)

bisher nicht zur Anwendung, und zwar schon deshalb, weil in Österreich die einzig in Betracht kommenden Schleuderbetonmaste nicht erzeugt werden. Die Regelspannweite beträgt bei der Einheitsfahrleitung 60 m, bei den älteren Bauarten 75 m; in den Bogen findet in jedem Falle eine entsprechende Verminderung der Spannweite statt. Für die Anordnung des Fahrleitungsgestänges im Verhältnis zu den Gleisen besteht ein eigener Regelplan, der auch die Auslenkung der Fahrbetriebsmittel in der Krümmung berücksichtigt. Bei der Aufstellung der Maste wird auch tunlich auf die Aufrechterhaltung der Sichtbarkeit der Signale geachtet; gegebenenfalls werden »Sichtkeile« angeordnet.

Für die Gründung der Maste wurden Normen herausgegeben, so dafs bei der Bauausführung nur die Bodenbeschaffenheit festzustellen bleibt. Alle Tragwerksteile, die zwischen

Isolation und Erde liegen, werden sorgfältig geerdet. Für die Erdung dieser Teile und sonstiger in der Nähe der Leitungen befindlicher Bauwerke bestehen ausführliche, von der Elektrisierungsdirektion ausgearbeitete Vorschriften.

Auf der Arlberglinie wurden hauptsächlich Schlingen-(Hewlett-)Isolatoren (Abb. 7) und (bei der Siemens-Fahrleitung) einscherbige Spulen-(Diabolo-)Isolatoren verwendet. Auf der Salzkammergutlinie gelangten neben Schlingenisolatoren zwei-

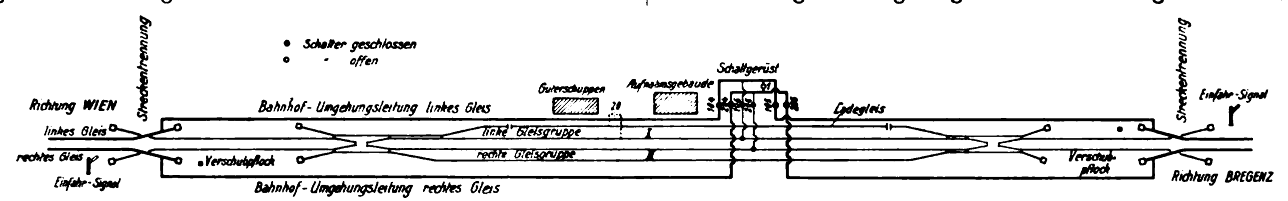


Abb. 14. Schaltbild eines Bahnhofs.

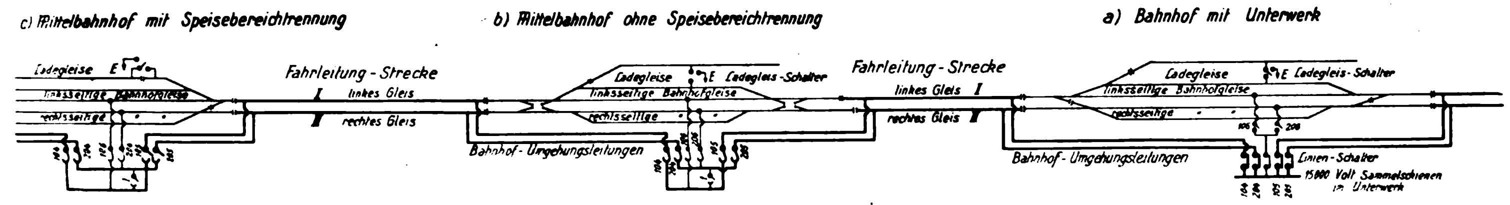


Abb. 15. Schaltbild des Speisebereiches eines Unterwerkes.

Die **Isolation** der Fahrleitungen ist auf der Arlberglinie eine doppelte (vergl. Abb. 7), während auf der Salzkammergutbahn und bei der Einheitsfahrleitung nur **ein** Isolator zwischen den spannungführenden Teilen der Fahrleitung und Erde eingeschaltet ist (Abb. 8, 10, 11). Die einfache Isolation hat

Abb. 16. Strecke Wörgl—Innsbruck. Bahnhof Zenbach. Schaltgerüst mit Bendmann-Überspannungsschutz. Im Hintergrund ein Streckentrenner und ein Schaltzeiger. (Elin A.-G)

sich im allgemeinen gut bewährt. In jenen Bahnhöfen, die neben dem elektrischen Betrieb noch einen lebhaften Dampflokomotivbetrieb aufweisen, ergaben sich allerdings bei Verwendung eines Hängers normaler Bauart Schwierigkeiten, da bei den in der Rauchfahne hängenden Isolatoren wegen Verrußung öfters Überschläge eintraten. Diesem Übelstande wurde durch Einbau von Sonderisolatoren (mit zwei Schirmen) bzw. durch Verdopplung der Isolatoren gesteuert (Abb. 13).

scherbige Standisolatoren der »schwedischen« Bauart und einscherbige, mit eingehanften Büchsen ausgestattete Isolatoren (Abb. 9) zur Verwendung. Die bei der doppelten Isolation verwendeten Isolatoren besitzen je Isolator Durchschlagspannungen von 90 bis 130 kV und eine Überschlagspannung (unter Regen) von rund 40 kV, während die bei einfacher Isolation eingebauten Isolatoren Durchschlagspannungen von 90 bis 200 kV, ferner Überschlagspannungen (unter Regen) von 50 bis 56 kV aufweisen.

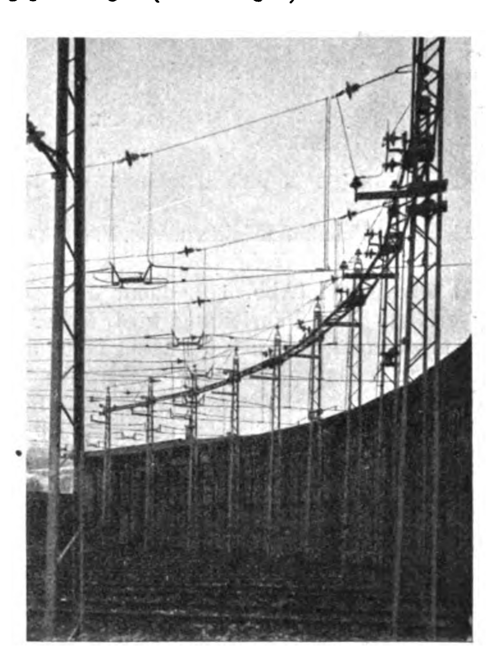


Abb. 17. Bahnhof Wörgl. Lokomotivschuppen. (Ö. S. S. W.)

Die bei der Einheitsfahrleitung benützten Knüppelisolatoren sind als durchschlagsicher zu bezeichnen und besitzen eine Überschlagspannung (unter Regen) von rund 55 kV; bei der Ausführung mit zwei Schirmen von rund 83 kV. Die Knüppelisolatoren haben eine gewährleistete Zugfestigkeit von 4800 kg, werden stückweise mit 3500 kg überprüft und zeigen bei den Zerreißproben Bruchfestigkeiten bis 9000 kg.

Für die **Fahrleitungskette** wird im allgemeinen ein Tragseil aus verzinkten Stahldrähten verwendet; in Tunnels tritt an seine Stelle ein Bronzeseil.

Der Fahrdraht zeigt einen Achterquerschnitt (abweichend vom deutschen Rillenfahrdraht) und wird für die Hauptgleise mit 100 mm², für die Nebengleise der Bahnhöfe, Schleppgleise usw. mit 65 mm² Querschnitt gewählt. Zur Aufhängung des Fahrdrahtes am Tragseile kamen früher Stahldrähte zur Verwendung, die Einheitsfahrleitung weist Bronzeseilhänger auf. Das Klemmenmaterial war früher grofsenteils aus verzinktem Tempergufs hergestellt, jetzt wird soweit als möglich rostfreies Material verwendet.

Der Fahrdraht ist im Zickzack geführt und zwar derart, dafs in der Geraden die Abweichung von der Gleisachse in der Spannfeldmitte gleich Null ist und bei jedem Stützpunkte das gröfste Mafs (450 mm) erreicht. Der Fahrdrahtzug ist bei den verschiedenen Bauarten verschieden; bei der Einheitsfahrleitung beträgt er 600 kg. Dieser geringe Fahrdrahtzug und die geringe Regelspannweite von 60 m ermöglichen die Verwendung leichter Maste mit vergleichsweise kleinen Gründungsausmafsen, also eine billige Ausführung des Fahrleitungsgestänges.

Die Nachspannung der Fahrleitungskette bzw. des Fahrdrahtes (Abb. 12) erfolgt auf der freien Strecke in Abständen von etwa 1 km. In der Mitte der Nachspannstrecke ist ein Festpunkt angeordnet (Abb. 10), damit die Nachspannung gleichmäfsig erfolgt. Die Fahrleitung wird ferner bei jedem Bahnhofkopfe abgespannt, wo auch die Abspannung der Stationsfahrdrähte derart erfolgt, dafs eine elektrische Trennstelle (Streckentrennung) zwischen freier Strecke und Bahnhof entsteht (Abb. 14). Diese Streckentrennung ist im Verhältnisse zum Einfahrsignal und Verschubpflock derart angeordnet, dafs durch Anhalten der Lokomotive vor dem Signale bzw. Pflocke eine Überbrückung der getrennten Fahrleitungen durch die Lokomotivstromabnehmer und demnach die Übertragung der Spannung in den etwa ausgeschalteten Fahrleitungsteil verhindert werden kann.

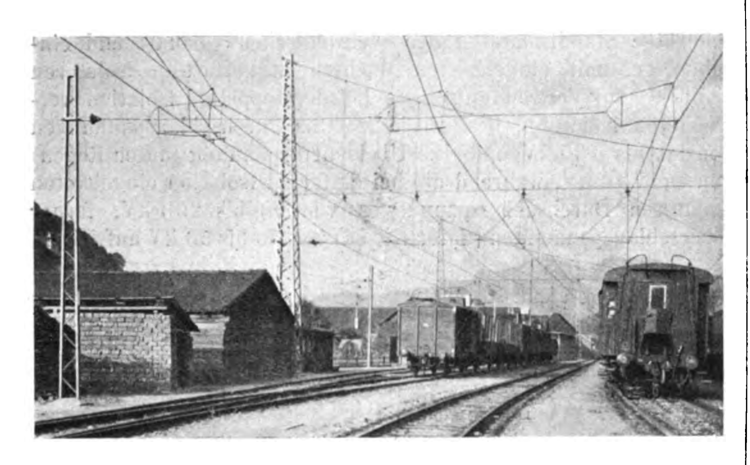


Abb. 18. Bahnhof Feldkirch. (Ö. B. E. G.)

Durch diese an den Bahnhofenden angeordneten Streckentrennungen wird die ganze Linie in einzelne Abschnitte geteilt, die von den Bahnhöfen aus geschaltet werden können, um einerseits bei Revisionsarbeiten u. dergl. einzelne Teile ausschalten, andererseits bei auftretenden Störungen den Fehler durch Eingrenzung feststellen und lokalisieren zu können. Wie aus der Abb, 15 hervorgeht, erfolgt die Speisung der einzelnen Streckenteile und Bahnhöfe vom Unterwerke aus derart, dafs infolge der Anordnung von Bahnhof-Umgehungsleitungen die einzelnen Bahnhöfe abgeschaltet sein können (Schalter 106 und 206 offen) ohne dafs die dahinter liegenden Strecken spannungslos würden. Der Speisebereich des (in der Mitte liegenden) Unterwerks endet beiderseits in je einem Bahnhofe, wo die Schalter der anschliefsenden Strecke dauernd geöffnet sind. (In Abb. 15: Schalter 105 und 205. In dem rechts vom Unterwerk gelegenen, nicht dargestellten Bahnhof mit Speisebereichtrennung wären die Schalter 104 und 204 dauernd offen).

In den Bahnhöfen sind, wie die Abb. 14 und 15 zeigen, einzelne Gleisgruppen voneinander getrennt und zwar in Übereinstimmung mit der auf freier Strecke streng durchgeführten Trennung zwischen den zwei Gleisen. Die Schaltung der Fahrleitungen dieser Gruppen erfolgt ebenso wie jene der Umgehungsleitungen durch Hörnerschalter, die an dem nächst dem Fahrdienstleiterraume angeordneten Schaltgerüste angeordnet sind (Abb. 16). Die Fahrleitungen der Ladegleise werden durch eigene, an Ort und Stelle angebrachte Hörnerschalter geschaltet. Die Grundstellung dieser Schalter ist »Aus«; die Einschaltung erfolgt nur zwecks Einfahrt und Ausfahrt der Lokomotiven. Der Schaltzustand wird durch einen zwangläufig mit dem Ladegleisschalter verbundenen, drehbaren »Schaltzeiger« gekennzeichnet. (Siehe einzeln stehenden Mast auf Abb. 16).

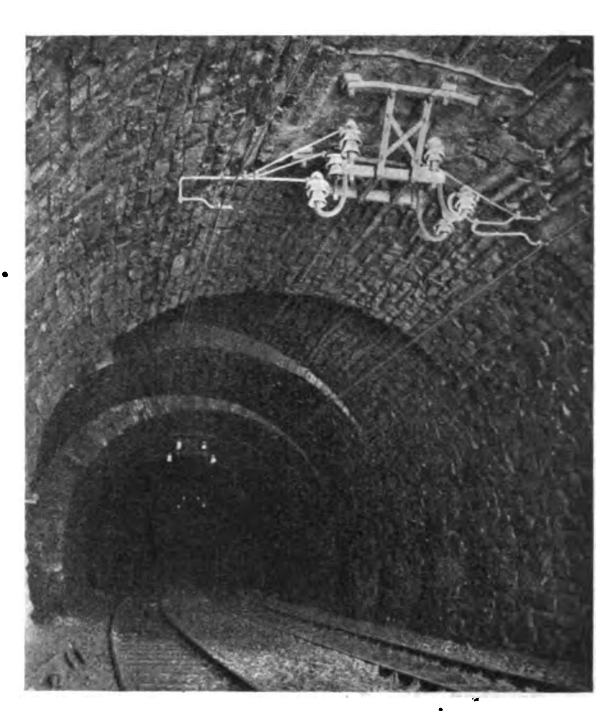


Abb. 19. Arlbergtunnel. (Ö. S. S. W.)

Bei den Lokomotivschuppen wird die Fahrleitung jedes Gleises für sich mit einem Hörnerschalter ausschaltbar eingerichtet (Abb. 17).

Die Trennstellen zwischen den Gleisgruppen, sowie bei den Ladegleisen und Lokomotivschuppen werden durch in die Fahrleitungskette eingebaute Streckentrenner gebildet, wie solche in Abb. 16 und 17 zu sehen sind.

Während die Bahnhöfe früher fast durchwegs mit Jochkonstruktionen überspannt wurden, wird jetzt die Bauart mit Querseilen bevorzugt. Die ältere Ausführung weist die Anordnung eines einfachen Quertragseiles auf, während die jetzige Regelausführung Doppeltragseile vorsieht (Abb. 13, 18). Jede der Querseilaufhängungen hat den Vorteil, dafs die Sicht auf die Signale weniger behindert und die Gefahr der Beschädigung des Fahrleitungsgestänges bei Entgleisungen vermindert wird, sie hat dagegen den Nachteil, dafs die Mastgründungen bei schlechter Bodenbeschaffenheit zu umfangreich werden. In diesem Falle werden nach wie vor Jochkonstruktionen angewendet, so z. B. auf der Teilstrecke Feldkirch—Buchs. Hier ist ein so nachgiebiger Moorgrund vorhanden, dafs an einigen Stellen der freien Strecke sogar zu einer Holzpfahlgründung gegriffen werden mufste.

In Tunnels sind für die Fahrleitung Sonderbauarten notwendig. Besonders schwierig war die Ausrüstung des 10,3 km langen Arlbergtunnels (Abb. 19), einerseits wegen der beengten Raumverhältnisse, andererseits wegen der Einwirkung der Rauchgase auf die Konstruktionsteile während der Einbauarbeiten, die infolge der grofsen Länge des Tunnels und der geringen Stützpunktentfernung (im Mittel 25 m) lange Zeit in Anspruch nahmen. Wesentlich einfacher ist die bei der Einheitsfahrleitung angewendete Bauart (Abb. 20), bei welcher die in der freien Strecke angewendete Konstruktion grundsätzlich beibehalten wurde. Die Unabhängigkeit der Fahrdrahtausrüstung der beiden Gleise ist durch die Versetzung der Tragböcke in der Längsrichtung gewährleistet. Bei Tunnels mit starker Verrauchung wird der Isolator mit zwei Schirmen angewendet, um Isolatorüberschläge in der Übergangszeit vom Dampf- zum elektrischen Betriebe zu vermeiden.

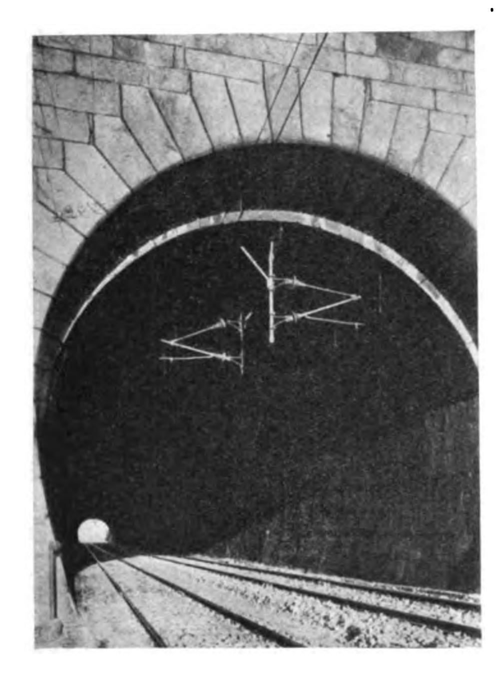


Abb. 20. Strecke Wörgl—Innsbruck. Rattenbergtunnel. (Ö. S. S. W.)

Schwierig war die Anordnung der Fahrleitung an der Kreuzung der Linie Wörgl—Innsbruck mit der Lokalbahnlinie Innsbruck—Hall (Abb. 21), da auch letztere eine Fahrleitungskette mit Tragseil aufweist. Um ein Ausschalten des Lokomotivschalters bei der Durchfahrt zu vermeiden, wurde — nach einem Schweizer Muster — der Fahrdraht der Hauptbahn in jedem Gleis hochgezogen und die Kreuzung mit dem Lokalbahnfahrdraht in besonders abgespannte Hilfsfahrdrähte verlegt. Ein Dreifachumschalter — in der Abb. 21 rechts sichtbar — gestattet die Einschaltung des Fahrdrahtkreuzes wahlweise auf 1000 V Gleichstrom (Lokalbahnspannung) und auf 15000 V Wechselstrom. Die Stellung des Schalters ist in zwangläufige Abhängigkeit von den Bahnschranken und den beiderseits der Kreuzung angeordneten Hauptbahn-Deckungssignalen gebracht, so dafs eine Fehlschaltung ausgeschlossen erscheint. Durch geerdete Zwischenstücke und Hörnerschutz ist gegen den Übergang von Hochspannungswechselstrom in die Lokalbahnfahrleitung vorgesorgt. Der Übergang der Stromabnehmer beider Bahnlinien über die Fahrdrahtkreuzung geht ohne Funkenbildung und vollkommen glatt vor sich.

Zur Stromrückleitung dienen die Fahrschienen und in einzelnen Teilstrecken die diesen Schienen parallel geschalteten, auf den Mastspitzen des Fahrleitungsgestänges geführten Erdleitungen. Die Fahrschienen wurden in den älteren Baustrecken an den Stöfsen mit Längsverbindern verschiedener Bauart ausgestattet. Aufserdem kamen in der freien Strecke und in den Bahnhöfen Querverbinder zum Einbau. Auf den neu ausgerüsteten Linien wird im allgemeinen von der Anbringung der Schienenverbinder abgesehen, es werden jedoch bei Strafsenkreuzungen Längs- und Querverbinder, ferner in den Bahnhöfen Querverbinder angeordnet.

Die Umgestaltung der bahneigenen Fernmeldeanlagen*) (Telegraph, Telephon usw.), welche infolge der

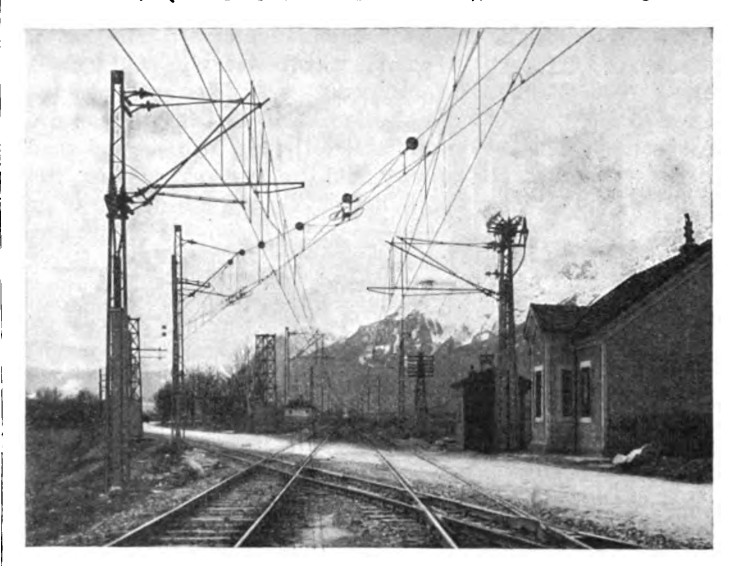


Abb. 21. Strecke Wörgl—Innsbruck. Kreuzung mit der 1000 Volt Gleichstrombahn Innsbruck—Hall. (A. E. G. Union E. G.)

Beeinflussung dieser Anlagen durch die Bahnhochspannungsleitungen erforderlich ist, umfafst die Verdopplung und Kabelung der Leitungen, sowie den Umbau der betreffenden Bahnhofeinrichtungen.

Diese Herstellungen nehmen auf die steigenden Bedürfnisse des Fernmeldedienstes entsprechend Rücksicht und stellen eine bedeutende Verbesserung gegenüber dem bisherigen Bestande dar.

*) Siehe: Truxa: „Entladungserscheinungen an einer im Influenzbereiche einer Hochspannungsleitung verlaufenden Schwachstromleitung" (Tel. und Fernspr. Techn. 1920, Heft 3).
Truxa: „Schwachstromanlagen im Wirkungsbereiche elektr. Bahnen" (E. u. M. 1925, Heft 3).

Elektrisierung der Österreichischen Bundesbahnen.

Elektrische Triebfahrzeuge und Zugförderungsanlagen.

Von Ministerialrat Ing. Lorenz, Abteilungsvorstand der Generaldirektion der Österreichischen Bundesbahnen.

Der Elektro-Lokomotivbau ist noch zu sehr in Entwicklung begriffen, als dafs es möglich gewesen wäre, schon gleich zu Beginn der Vollbahnelektrisierung in Österreich einheitliche Bauarten zu schaffen, die auf einen langen Zeitraum hinaus allen Anforderungen genügt hätten. Die technischen Fortschritte, die sich stets steigernden Betriebserfordernisse, in gewisser Beziehung auch die Eigenart einzelner Strecken und endlich die inzwischen gewonnenen Betriebserfahrungen drängten dazu, auf neue Bauarten überzugehen, die gegenüber den Erstausführungen wesentliche Verbesserungen aufweisen. Sie gestatten bei einer gleichzeitigen Erhöhung des zulässigen Achsdruckes von 14,5 auf 16,5 t die Unterbringung gröfserer

Leistungen und die Anwendung höherer Fahrgeschwindigkeiten.

Das Bestreben geht zunächst dahin, nicht etwa eine Einheitslokomotive, sondern vorerst einheitliche Bauformen für jede Zuggattung, also für Schnell- und Personenzüge, Güterzüge und Verschubdienst zu bekommen. Dabei wird bei allen neu bestellten und in der Folge noch zu bestellenden Lokomotiven Wert darauf gelegt, Einzelteile der elektrischen Einrichtung, die sich bei früheren Ausführungen im Betrieb gut bewährt haben, weiter zu verwenden, um auch die Anzahl der als Vorrat zu haltenden Teile auf ein wirtschaftliches Mafs zu beschränken. Eine durchgreifende Vereinheitlichung der einzelnen Teile ist heute noch nicht am Platze, da noch nicht genügend Erfahrungen vorliegen und eine vorzeitige Vereinheitlichung in vielen Belangen einer gesunden Weiterentwicklung im Wege stehen würde.

Mit der Ausbildung der Lokomotivbauformen selbst Schritt haltend, ist jedoch die Durchbildung zahlreicher Einzelheiten als Einheitstypen bis zu einem gewissen Grade gediehen. Dies bezieht sich insbesonders auf die Hilfsbetriebe, Instrumente und Nebenapparate. Bei einzelnen Lokomotivgruppen konnte die Vereinheitlichung auch auf die Bürstenhalter der Trieb- und Hilfsmotoren, Schützen für den Hauptstromkreis und auf eine Anzahl von Teilen des Schaltzubehörs ausgedehnt werden. Derzeit ist aufserdem noch die Vereinheitlichung der Stromabnehmer und der Ölschalter im Zuge.

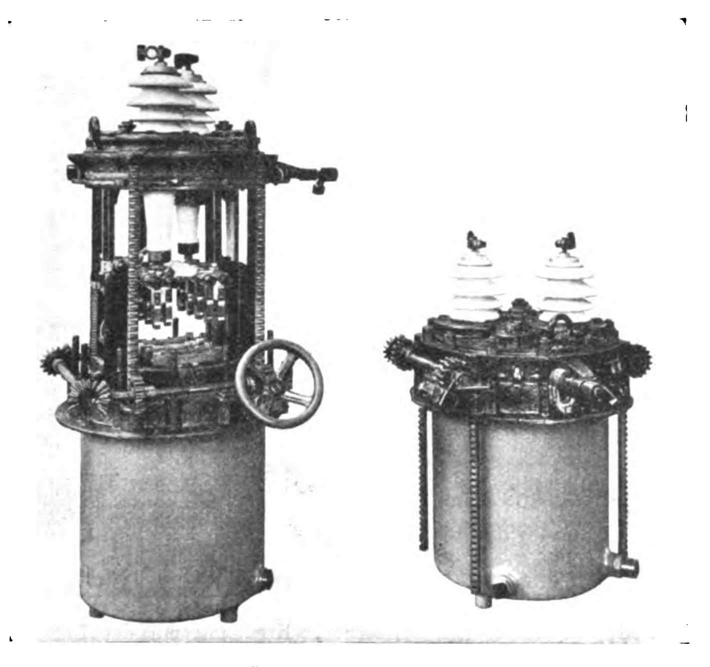


Abb. 1. Einheits-Ölschalter (geöffnet und geschlossen).

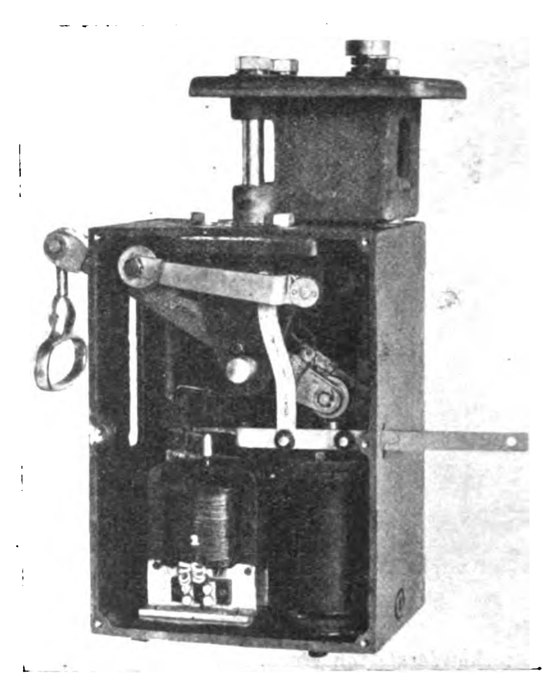


Abb. 2. Antrieb zum Ölschalter.

Der Stromabnehmer mufste bisher mit Rücksicht auf die im zweigleisigen Arlberg-Tunnel vorkommenden verdrückten Profile mit einem zweiten schmäleren Bügel versehen werden. Um das Übersehen des Umstellens der Bügel bei der Ein- und Ausfahrt in, bzw. aus dem Tunnel zu vermeiden, wurde der Doppelscheren-Stromabnehmer mit selbsttätiger Umstellung ausgestattet. Es sind hierbei zwei getrennte und verschieden bemessene Bügel derart auf gemeinsamen Wellen unter verschiedenen Winkeln angeordnet, dafs die Bewegung der beiden Stromabnehmer zwangläufig erfolgt. Bei der Einfahrt in den Tunnel wird gleichzeitig mit der Senkung des Fahrdrahtes auch der breite Bügel herabgedrückt. Durch die zwangläufige Bewegung wird wohl auch der schmale Bügel nach abwärts bewegt, doch mit geringerer Geschwindigkeit, derart, dafs bei einer Höhe von 5250 mm beide Bügel gleich hoch liegen und bei tieferen Fahrdrahtlagen der schmale Bügel höher steht als der breite. Bei der Aufwärtsbewegung des Fahrdrahtes erfolgt die Bewegung der beiden Bügel im umgekehrten Sinne. Da sich inzwischen die Möglichkeit herausgestellt hat, in baulicher Beziehung die Tunnelprofile durch Ausspitzungen an den Wänden auf das richtige Mafs zu bringen, kann in Zukunft von dem Doppelbügel Abstand genommen, und ein Stromabnehmer geschaffen werden, der nurmehr einen Bügel besitzt, der sowohl für die Tunnels, als auch für die freie Strecke Verwendung finden kann.

Die Entwicklung des Einheitsölschalters samt Antrieb ist bereits in Durchführung begriffen. Der Schalter und seine Betätigung (Abb. 1 und 2) beruhen auf dem Grundsatz der Abschaltung aller als regelmäfsig zu bezeichnenden Überlastungen und Kurzschlüsse auf der Maschine selbst, also ohne Abschaltung von Netzteilen, und auf der Sperrung des Schalters in jenen Fällen aufsergewöhnlich hoher Kurzschlufsleistungen — primäre Stromwerte von 2500 bis 3000 Amp. aufwärts —, welche ihrer Seltenheit wegen eine weitere Vergröfserung der Ölschaltertype nicht rechtfertigen würden. Die Abschaltung solcher Kurzschlufswerte wird von den Unterwerk-Fahrlinienschaltern übernommen, die schon aus diesem Grunde auf Momentauslösung eingestellt werden.

Der Schalter selbst besitzt achtfache Unterbrechung und wegen der benötigten hohen Durchgangsleistung Fingerkontakte. Dabei ist auch seine Abschalteleistung noch sehr hoch und beträgt 8000 Amp. eff. und 16000 Amp. asymmetrischer Stromspitze, so dafs bei der vorgesehenen Blockierung etwa dreifache Sicherheit vorhanden ist. Sein Antrieb erfolgt mittelst Druckluft für das Einschalten und elektrisch für das Ausschalten, kann aber auch mechanisch mittelst Gestänges bewerkstelligt werden (siehe Schema Abb. 3).

Der wichtigste Teil dieser Betätigungseinrichtungen ist das Übersperrwerk (Blockierrelais), ein vom Stromwandler des Ölschalters gespeister Doppelauslöser, der bis zur Sperrgrenze als unabhängiger Höchststromauslöser, darüber hinaus als Sperrwerk wirkt, wobei die Voreilung der etwaigen Sperre vor der Überstromauslösung durch mechanische Mittel erzwungen ist. Die Überstromauslösung des Ölschalters ist unabhängig von 240 bis 360 Amp. (für Fahrzeuge geringerer Leistung mittelst

eines zweiten Stromwandlers von 120 bis 180 Amp.) und null bis drei Sekunden, die Nullspannungsauslösung gleichfalls mit Zeitverzögerung von null bis drei Sekunden, die Sperre von 2500 bis 3000 Amp. einstellbar. Im Niederspannungsstromkreis wirkt in der Regel auch der Auslöser des Hochspannung führenden Zugheizungsstromkreises auf den Lokomotivölschalter. Es wurde keinem Anstand unterliegen, bei Verwendung von Lokomotivsteuerungen geringer Schaltgeschwindigkeit und geringer Abschalteleistung im Bedarfsfalle in gleicher Weise auch die Überstromauslösung der Triebmotoren auf den Ölschalter wirken zu lassen.

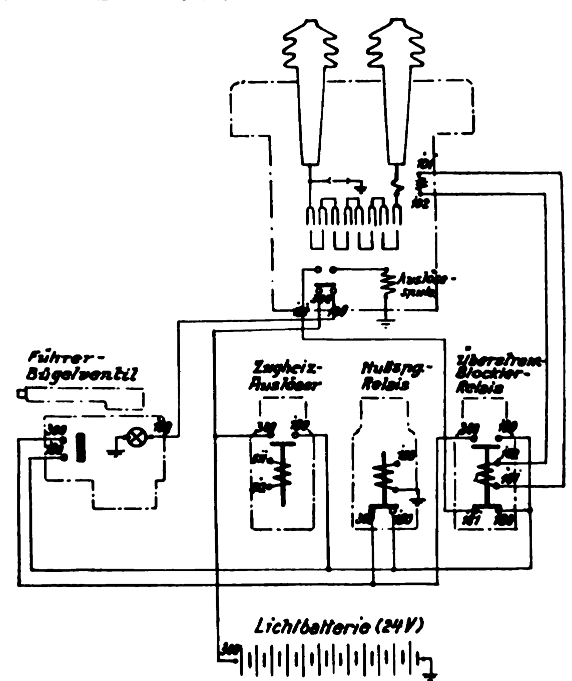


Abb. 3. Betätigungsschema zum Einheits-Lokomotivölschalter.

Hinsichtlich des mechanischen Teiles der Lokomotiven wird im allgemeinen auf eine möglichst kräftige Ausführung des Rahmens und eine genaue Durchbildung der Triebwerksteile Bedacht genommen. Infolge der längeren Laufzeiten der Lokomotiven ist eine Zentralisierung der Schmierung der Achslager, der Triebmotorlager usw. wünschenswert und es wurden in dieser Richtung auch schon Anfänge gemacht (Friedmannsche Schmierpumpe). Besonders wichtig ist die Erreichung eines möglichst geringen Ölverbrauchs.

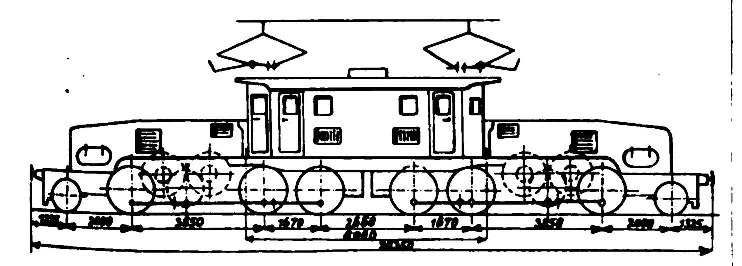


Abb. 4. 1 C-C 1 Schnell- und Personenzuglokomotive, Reihe 1100 und 1100.100.

Grundsätzlich sind alle elektrischen Lokomotiven aufser mit der Handspindelbremse noch mit der Vakuumschnellbremse für Zug und Lokomotive ausgerüstet. Da in Österreich als Durchzugsland, auch mit Druckluft gebremste Züge zu befördern sind (z. B. Kufstein—Brenner), werden alle neu bestellten und noch zu bestellenden elektrischen Lokomotiven zusätzlich auch mit der Druckluftbremse für den Zug eingerichtet. Welche der beiden Bremsen die endgültige Lokomotivbremse sein wird, ist derzeit noch nicht entschieden.

Die Druckluft wird durch elektrisch angetriebene Kompressoren erzeugt, die auch die Druckluft für die Steuerapparate, die Sandung und die Pfeifen liefern. Es stehen sowohl Kolbenkompressoren (Knorr, AEG.-Union), als auch umlaufende (Winterthur) in Verwendung.

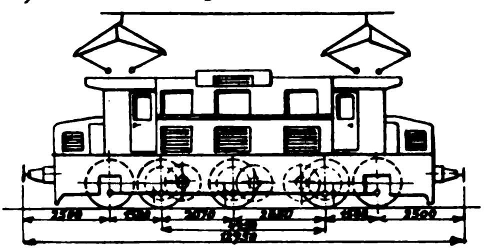


Abb. 5. Güterzuglokomotive, Reihe 1080.

Alle Erstausführungen von elektrischen Lokomotiven hatten Stangenantrieb, auch zwei Typen der später bestellten, eine davon in Verbindung mit dem Kandó-Dreieck. Nach dem Beispiel der ausländischen Bahnen und den günstigen Erfahrungen, die dort mit dem Einzelachsantrieb bei Lokomotiven für gröfsere Geschwindigkeiten gemacht worden sind, wurde bei einer Lokomotivbauform auf Einzelachsantrieb (Gelenkkupplung der Ö. S. S. W.) übergegangen. Wenn auch heute noch kein entgültiges Urteil über die Bewährung dieses Systems abgegeben werden kann, so sind die bisherigen Erfahrungen doch günstig gewesen. Eine weitere Lokomotivtype erhält den Westinghouse-Antrieb (Patent Sécheron).

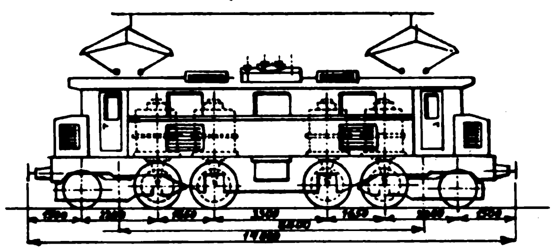


Abb. 6. 1 D_0 1 Schnellzuglokomotive, Reihe 1570.

Für die Beleuchtung der elektrischen Lokomotiven sind Lichtdynamos mit Batterie und Dickregler vorhanden. Aufserdem ist die Umschaltbarkeit auf einen Lichttransformator vorgesehen. Lichtspannung 24 V.

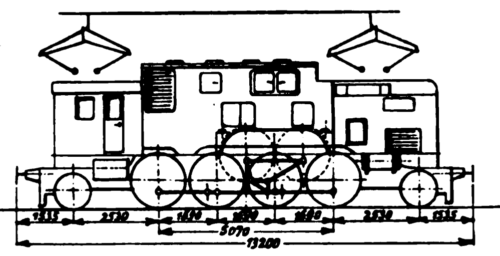


Abb. 7. 1 D 1 Schnell- und Personenzuglokomotive, Reihe 1470.

Die Lokomotivheizung erfolgt mit 200 V Wechselstrom. Für die Zugheizung sind am Lokomotivtransformator Anzapfungen von 800 und 1000 V vorgesehen.

Jede Lokomotive ist mit einem nicht-registrierenden Geschwindigkeitsmesser (Deuta) und einem registrierenden (Hausshälter, Hausshälter-Rezsny, Teloc) ausgerüstet.

Aus der Übersicht (Seite 498 u. 499) über die im Betrieb und im Bau stehenden elektrischen Lokomotiven sind die Hauptabmessungen, Leistungen und die übrigen wichtigen Angaben über die einzelnen Lokomotivtypen zu entnehmen, während in Abb. 4 bis 13 die einzelnen Bauformen gekennzeichnet sind.

Im nachstehenden werden die besonderen Merkmale des mechanischen und elektrischen Teiles der Lokomotivbauformen hervorgehoben und insbesonders jene Ausführungen etwas ein-

Übersicht über die im Betrieb und im Bau befindlichen

Laufende Nummer	1	1a	2	3	3a
Achsfolgebezeichnung	1 C + C 1		1 C 1	E	
Reihenbezeichnung	1100	1100.100	1029	1080	1080.100
Anzahl	7	9	20	20	10
Jahr der Lieferung	1923/24	1926/27	1923/25	1923/24	1926/27
Gattung	S. u. P. Z.		S. u. P. Z.	G. Z.	
Angehängtes Zuggewicht — Steigung ‰ — Geschwindigkeit km/h	320 — 31,4 — 45	330 — 31,4 — 50	450 — 8,4 — 45	810 — 10 — 30	900 — 10 — 32,5
Gröfste Zugkraft am Treibradumfang kg	20 500	21 000	14 500	18 400	20 800
Betriebsmäfsige Höchstgeschwindigkeit km/h	70	75	70/80 [1]	50	50
Leistung an den Motorwellen in PS { einstündig	2400	2650	1360	1450	1670
Leistung an den Motorwellen in PS { dauernd	2000	2200	1000	1000	1280
Zugkraft am Treibradumfang — Fahrgeschwindigkeit { einstündig	12 800 — 49	13 700 — 49	8350 — 42	11 700 — 30	13 200 — 32,5
Zugkraft am Treibradumfang — Fahrgeschwindigkeit { dauernd	10 600 — 52	11 300 — 52	5200 — 50	7 500 — 36	9 200 — 36,6
Treibraddurchmesser	1350	1350	1740	1350	1350
Laufraddurchmesser	870	870	1034	—	—
Fester Achsstand	5520	5520	5670	4750	4750
Gesamter Achsstand	17 700	17 700	9890	7750	7750
Länge über Puffer	20 350	20 350	12 810	12 750	12 750
Antrieb: Antriebsart	Stangen				
Zahl der Motoren	2 × 2	2 × 2	1 × 2	3	3
Vorgelege	1 : 3,28	1 : 3,13	1 : 4,21 1 : 3,63	1 : 6,118	1 : 6,118
Gröfster Treibachsdruck t	14,65	15	14,5	15	15,7
Reibungsgewicht t	87,3	89	43,5	75	78,5
Gewicht der mechanischen Teile t	68,5	70	39,3	38	40,8
Gewicht der elektrischen Teile t	46,5	47,6	33,2	37	37,7
Gesamtgewicht t	115	117,6	72,5	75	78,5
Hauptlieferer	Ö. Brown Boveri-Werke		A. E. G.-Union	Ö. Siemens-Schuckert-Werke	
Lieferer der elektrischen Teile	Ö. Brown Boveri-Werke		A. E. G.-Union	Ö. Siemens-Schuckert-Werke	
Lieferer der mechanischen Teile	Wiener Lok.-Fabriks-A. G.		Lok.-Fabr. Steg	Lok.-Fabrik Krauss & Co., Linz	

[1]) Zweierlei Übersetzungen.

gehender behandelt, über die bisher Veröffentlichungen nicht erschienen sind.

Von den Erstausführungen ist zunächst die Lokomotive der Reihe 1100 mit der Achsanordnung 1 C + C 1 *) zu erwähnen. Sie ist eine schwere, gut kurvenläufige Schnellzuglokomotive, die in erster Linie für den Bergdienst bestimmt war, derzeit aber auch in der Flachlandstrecke verwendet wird. Sie besitzt zwei Drehgestelle, die mit einer Kurzkupplung verbunden sind. Auf dem Gestell ruhen die Aufbauten. Der Antrieb der Achsen erfolgt von den zwei Motorgruppen mittelst gefederter Ritzel, grofser Zahnräder, Blindwellen und Stangen.

Abb. 8. $B_0 + B_0$ Schnell- und Personenzuglokomotive, Reihe 1170.

*) Siehe auch Van Nees, E. u. M. 1923, Seite 361.

Die beiden Triebmotoren einer Gruppe liegen in Reihe, die beiden Gruppen parallel zwischen einer Anzapfung der Sekundärseite des Haupttransformators, bzw. dem Stufenschalter und dem Erdungspunkte. Der Stufenschalter stellt je nach der Stellung die Verbindung mit den verschiedenen Anzapfungen des Haupttransformators und den Triebmotoren her.

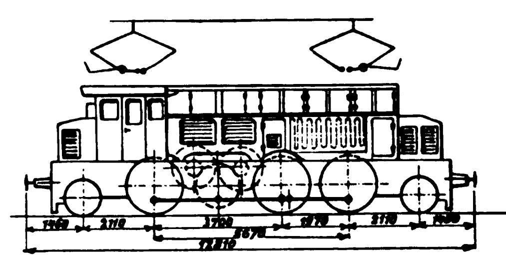


Abb. 9. 1 C 1 Schnell- und Personenzuglokomotive, Reihe 1029.

Die in der vorstehenden Übersicht unter Nr. 1a angeführte Lokomotive der Reihe 1100.100 stellt eine Nachbestellung der vorgenannten Lokomotivreihe dar und unterscheidet sich

elektrischen Lokomotiven der Österreichischen Bundesbahnen.

4	5	6	6a	7	8	9	10
1 D_0 1		D		1 D 1	E	$B_0 + B_0$	E
1570	1670	1070	1070.100	1470	1180	1170	1280
4	25	5	5	1	1	10 (+ 4)	22
1925/26	1928/29	1926	1928	1926	1927	1927	1927/28
S. Z.		Verschub		S. u. P. Z.	G. Z.	S. u. P.	G
550 — 10 — 50	800 — 10 — 61	600 — 7,5 — 24	700 — 7,5 — 25	550 — 10 — 51	1000 — 10 — 34	740 — 10 — 35	1500 — 5 — 36,6
17 200	19 400	13 000	15 400	16 000	20 000	16 000	23 800
85	100	40	40	100	67	60	50
2230 1720	3000 2200	720 578	950 775	2000 2000	2000 2000	1400 1130	1900 1550
11 400 — 51 7 240 — 62	11 100 — 67,5 7 750 — 72	7800 — 24 5550 — 26,7	9400 — 25,9 6750 — 29,4	10 800 — 50 10 800 — 50	15 000 — 33,6 15 000 — 33,6	10 400 — 35 8480 — 35	14 500 — 33,6 10 400 — 38,2
1350	1350	1140	1140	1614	1070	1300	1140
1034	1034	—	—	1034	—	—	—
8800 geführt	8800 geführt	3700	3700	5070	3600	4800 geführt	3350
11 000	11 000	5000	5000	10 130	6500	7000	6550
14 000	14 000	9890	10 500	13 190	10 800	10 300	12 000
Einzelachsantrieb (Ö. S. S. W.)		Stangen				Einzelachsantrieb (Sécheron)	Stange
4 × 1	4 × 2	1	1	2	2	4 × 1	1 × 2
1 : 3,82	1 : 3,84	1 : 4,7	1 : 4,7	—	—	1 : 5,87	1 : 3,62
16	16,5	13,7	13,9	15,6	14,7	15,3	16
63,4	66	54,8	55,4	62,2	73,5	61,2	80
52 40 92	51,5 44,5 96	30,2 24,6 54,8	33,4 22 55,4	43 47,2 90,2	30,5 43 73,5	27,4 33,8 61,2	42 38 80
Ö. Siemens-Schuckert-Werke Ö. Siemens-Schuckert-Werke Lok.-Fabrik Krauss & Co., Linz		A. E. G.-Union A. E. G.-Union Wiener Lok.-Fabriks-A.-G.		Wiener Lok.-Fabriks-A.-G. Ganz & Co., Budapest Wiener Lok.-Fabriks-A.-G.		„Elin“ „Elin“ Lok.-Fabrik Wiener Neustadt	A. E. G.-Union A. E. G.-Union Lok.-Fabr. Steg und Wiener Lok.-Fabrik

von dieser nur durch eine um 10 % höhere Motorleistung und die Erhöhung der betriebsmäſsigen Höchstgeschwindigkeit auf 75 km/h. Bei den Motoren sind die Kompensationswicklung und die Widerstandsverbindungen zwischen Ankerwicklung und Kommutator ausgefallen.

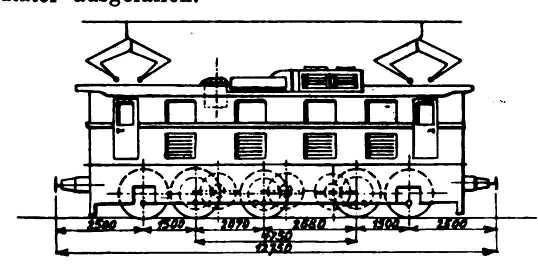


Abb. 10. E Güterzuglokomotive, Reihe 1080 . 100.

Die Lokomotive der Reihe 1029*) (Übersicht lfd. Nr. 2), Achsanordnung 1 C 1, ist eine leichte Personen- und Schnellzuglokomotive für die Hauptstrecke, aber auch eine Universallokomotive für alle Zuggattungen auf allen Nebenlinien. Der Antrieb erfolgt dadurch, daſs die mittlere Kuppelachse von zwei Triebmotoren über ein gemeinsames beiderseitiges Zahnradvorgelege mittelst Treibstangen angetrieben wird. Die Lokomotive besitzt elektromagnetische Schützensteuerung. Sie ist auch für Vielfachsteuerung eingerichtet, die es ermöglicht, die Steuerung bei Führung zweier Lokomotiven von einem Führerstand aus zu bewirken.

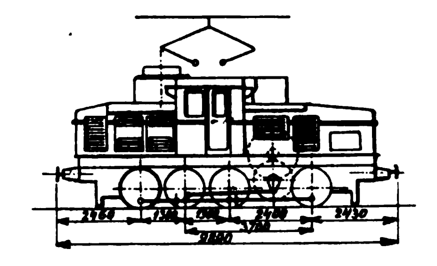


Abb. 11. D Verschiebelokomotive, Reihe 1070.

Als erste Güterzuglokomotive wurde für die Arlbergstrecke eine Lokomotive der Achsanordnung E, Reihe 1080, beschafft (Übersicht lfd. Nr. 3, Abb. 5). Sie besitzt fünf gekuppelte Achsen, von denen jede der drei mittleren von einem Motor mit Tramaufhängung mittels Zahnrädern angetrieben wird, als eine Verbindung von Einzel-

*) Siehe auch Meixner, E. u. M. 1924, Seite 541.

achsantrieb mit Stangenantrieb. Die Steuerung erfolgt durch einen dreiteiligen Stufenschalter.

Dieser Lokomotive im allgemeinen gleich ist die der Reihe 1080.100 (lfd. Nr. 3a, Abb. 10). Sie weist jedoch eine gröfsere Motorleistung auf und ist mit einer elektrischen Widerstandsbremse zur Abbremsung des vollen Lokomotivgewichts ausgerüstet.

Von den zehn, von dieser Bauart bestellten Lokomotiven sind neun bereits abgeliefert. Die zehnte wird als Umformerlokomotive nach dem System der Ö. S. S. W. ausgeführt. Der Einphasenwechselstrom der Fahrleitung wird bei dieser Bauart in einem Haupttransformator mit festem Übersetzungsverhältnis umgespannt und sodann einem Einphasen-Vielphasen-Gleichstromumformer mit regelbarer Gleichspannung zugeführt, welcher die Gleichstromreihenschlufs-Triebmotoren speist. Der Haupttransformator ist ein Öltransformator üblicher Art. Der Umformer ist eine Synchron-Maschine mit elektrischer Durchgangsleitung, entsprechend der Leistungsaufnahme für die Triebmotoren. Die Reihenschlufstriebmotoren können ohne Unterbrechung des Hauptstromkreises auf Bremserregung vom Umformer aus zur Nutzbremsung im Ausmafse der vollen Lokomotivleistung umgeschaltet werden. Die Umformerlokomotive arbeitet mit $\cos \varphi = 1$ bei allen Betriebszuständen, kann auch für 50-periodigen Bahnbetrieb gebaut werden, besitzt eine stetige Drehzahlregulierung bei jedem beliebigen Drehmoment und eine einfache Handhabung durch Betätigung eines Handrades vom Führerstand aus.

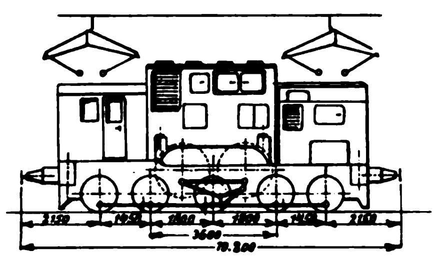


Abb. 12. E Güterzuglokomotive, Reihe 1180.

Als besondere Merkmale der Schnellzuglokomotive der Reihe 1570*), Achsanordnung 1 D_0 1, (lfd. Nr. 4) verdienen besonders hervorgehoben zu werden: Die Verwendung von Motoren mit senkrecht stehenden Wellen und der Einzelachsantrieb (Abb. 14, 15 und 16).

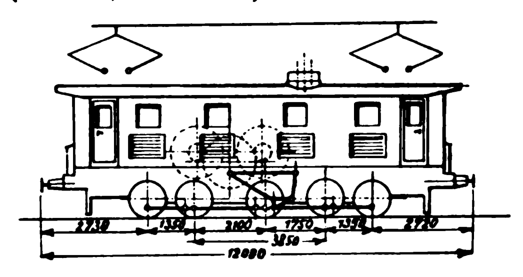


Abb. 13. E Güterzuglokomotive, Reihe 1280.

Die senkrecht stehenden Motoren haben den Vorteil einer hohen Schwerpunktlage, sie ermöglichen eine günstigere Raumausnützung, sind gut zugänglich und lassen sich leicht ausbauen. Der Antrieb erfolgt durch vier im Hauptrahmen sitzende lotachsige Motoren, von denen jeder einzeln eine Treibachse antreibt. Die Übertragung des Drehmomentes geschieht über Kegelräder mit Schraubenverzahnung von der Motorwelle auf eine Hohlwelle. In einer Erweiterung der Hohlwelle sitzt eine bewegliche, das Federspiel und die Drehgestellschwankung aufnehmende Kupplung, die weiters die Radachse durch eine zweiarmige Winkelkurbel antreibt. Dieser Einzelachsantrieb hat den Vorteil, die Kraftübertragung bis zur Treibachse möglichst in der Lokomotivlängsachse zu halten, um störende Schwingungen bei gröfseren Geschwindigkeiten möglichst zu verringern.

*) Lorenz, E. T. Z. 1925, Seite 374.

Die Laufachsen sind mit der benachbarten Treibachse zu einem Drehgestell vereinigt, dessen Drehpunkt in der Mitte

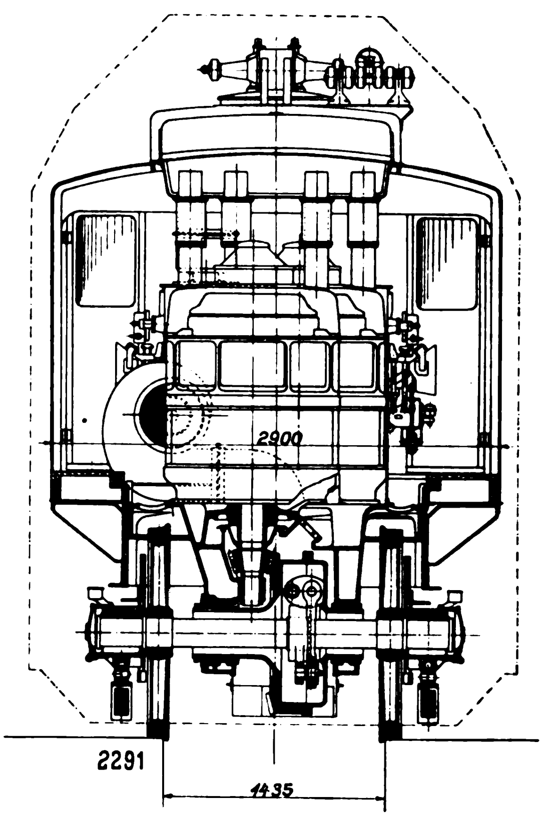


Abb. 14. Antrieb der Schnellzuglokomotive 1 D_0 1, Reihe 1570.

zwischen diesen beiden Achsen liegt. Die Gelenkkupplung mufs daher die sich ergebende Schränkung aufnehmen. Durch Verwendung zweier Drehgestelle von 8,8 m Drehzapfenentfernung wird ein leichtes Durchfahren der Bögen bis 150 m Halbm.

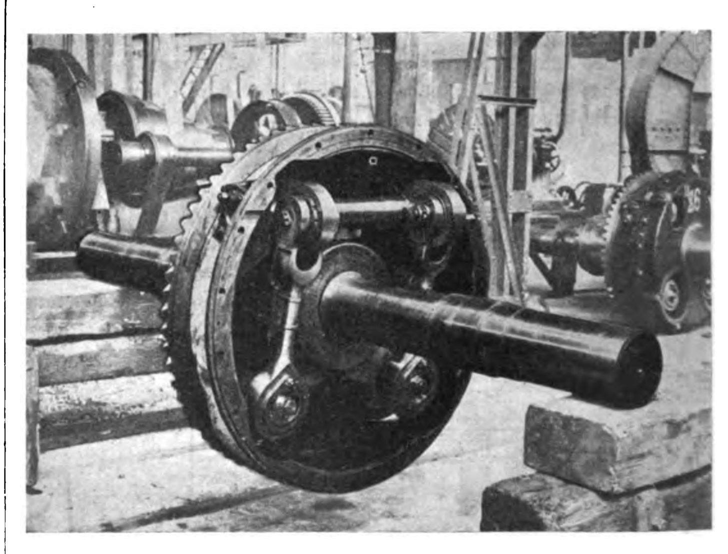


Abb. 15. Gelenkkupplung der Schnellzuglokomotive 1 D_0 1, Reihe 1570.

erreicht. Der gute Lauf wird auch dadurch günstig beeinflufst, dafs die Mittelachsen seitenverschiebbar sind und um 10 mm geschwächte Spurkränze besitzen. Die Lokomotive hat also eine feste Achse. Rückstellfedern sind an den Drehgestellen nicht vorhanden.



Die Hohlwelle kann samt Radsatz nach unten ausgebaut werden, ebenso ist die Gelenkkupplung nach dem Lösen der beiden Hohlwellenteile zugänglich. Die Schmierung der Hohlwellenlager der Zahnräder sowie auch des Halslagers der Motor-

Wendefeld ohne Widerstandsverbindungen, vollständig geschlossen und künstlich gekühlt.

Zur Steuerung dienen 16 elektrisch gesteuerte Druckluft-Schützen, die in zwei Gruppen zu je acht angeordnet sind. Eine mechanische Verriegelung sorgt dafür, dafs immer nur ein einziger Schütz jeder Gruppe zur Wirkung kommen kann. Sie besteht aus einer Gelenkkette, welche nur um ein bestimmtes Mafs — einem Hub entsprechend — gestreckt werden kann.

Es befindet sich derzeit eine neue Lokomotive der gleichen Achsanordnung, Reihe 1670 (lfd. Nr. 5), bei den Ö. S. S. W. in Ausführung. Diese Bauart ist mit Doppelmotoren ausgerüstet. Der Antrieb wurde unverändert von der Reihe 1570 übernommen (Abb. 17). Durch Anwendung von Doppelmotoren und Kegelrädern mit geraden Zähnen wird der Achsialschub der

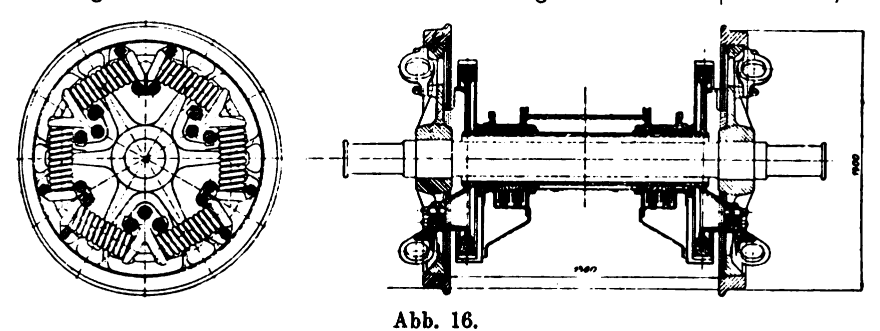


Abb. 16.

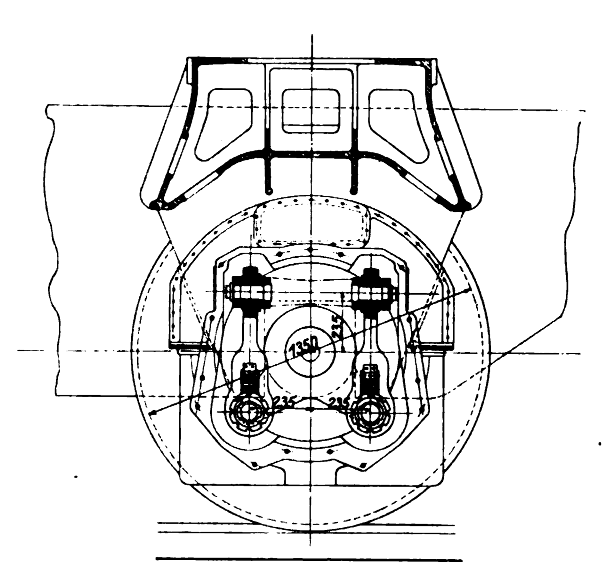


Abb. 17. Einzelachsentrieb, Reihe 1670. Mafsstab 1 : 30.

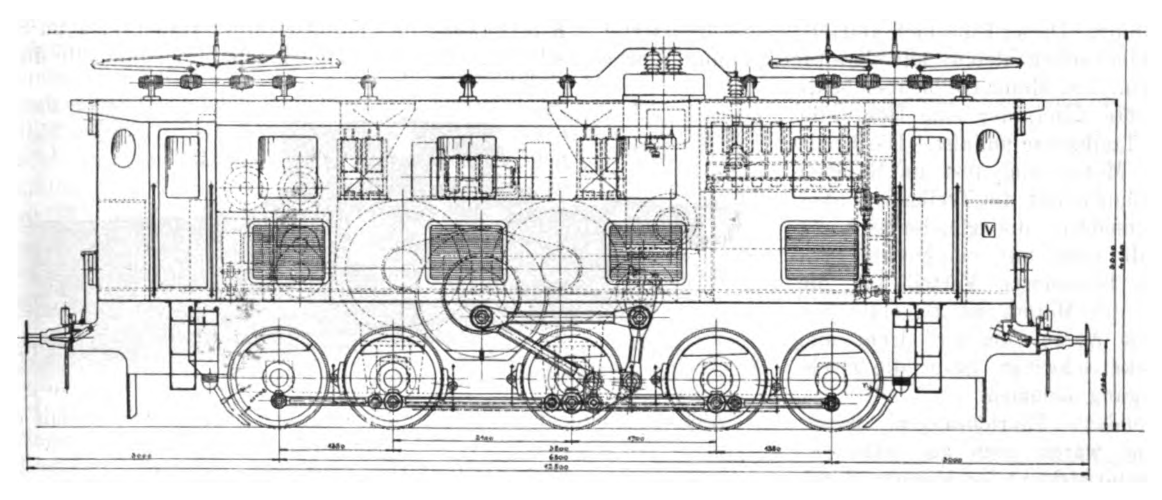


Abb. 18. Schwere Güterzuglokomotive, Achsenanordnung E, Reihe 1280.

achse geschieht durch Schmierpressen. Jeder Motor besitzt unabhängig von den anderen eine selbständige Schmierung mit Antrieb. Für die Achslager ist eine Schöpfschmierung vorgesehen.

Die Motoren sind achtpolige kompensierte Reihenschlufs-Kollektormotoren, Bauart S. S. W. mit im Nebenschlufs liegendem

Rotorwelle und der Hohlwelle sehr klein, so dafs auf eine Schmierung der Hohlwellenlager durch Pressen verzichtet werden kann und Schmierpolster genügen. Die Schmierung der Achslager erfolgt dadurch, dafs durch eine Schöpfscheibe das im Unterteil des Achslagergehäuses angesammelte Öl hochgezogen und im Kreislauf den Lagerschalen zugeführt wird.

Die Verschublokomotive, Reihe 1070, bzw. 1070.100, Achsfolge D, (lfd. Nr. 6), von der bereits fünf Stück geliefert und fünf Stück neu in Auftrag gegeben worden sind (lfd. Nr. 6a), ist die stärkste der bisher in Europa gebauten Lokomotiven dieser Gattung. Sie ist einerseits durch ihren Schrägstangenantrieb, anderseits durch ihre Kommutierungseigenschaften bemerkenswert. Es wird von ihr als Einphasen-Lokomotive die andauernde Beförderung schwerer Züge mit ganz geringer Fahrgeschwindigkeit (600 t über einen Abrollrücken von 7,5 ‰ Steigung mit 2 km/Std.) verlangt.

Als schwere Güterzuglokomotive steht die Lokomotive der Reihe 1280, Achsfolge E (lfd. Nr. 10) in Auftrag. Ihr Antrieb, — ein hochliegender Doppelmotor mit Dreieckantrieb und Gelenkgeradführung nach der Bauart von Kandó — ermöglicht die Einhaltung eines festen Achsstandes von 3850 mm und eines Gesamtachsstandes von 6550 mm, wodurch der Lokomotive ein guter Bogenlauf gesichert ist. Gleichzeitig ergab sich durch diese Anordnung eine besonders kräftige Rahmenbauart (Abb. 18).

Sowohl die früher genannte Verschublokomotive Reihe 1070 als auch die E-Lokomotive Reihe 1280 sind mit dem AEG.-Union-Güterzugmotor, einem zwölf-poligen Reihenschlufsmotor mit einer spezifischen Leistung von rund 3 PS je cm Ankerumfang, ausgerüstet, wodurch sich zwanglos eine organische Vereinheitlichung vieler Teile der beiden Lokomotivbauarten ergibt. Beide Lokomotiven besitzen auch dieselbe Transformatorbauart im Leistungsverhältnis 1 : 2 mit erzwungenem Ölumlauf durch ein am Transformator selbst angebrachtes Kühlrohrsystem und äufsere Lüftung mit geringem Überdruck.

Abb. 19 zeigt den Güterzugmotor für die Lokomotiv-Reihe 1070.

Abb. 20 zeigt den Rahmen mit eingebautem Motorgehäuse der Reihe 1280. Die aus diesem Bild ersichtliche Anordnung der Motoren oberhalb des Rahmens und ohne die bei Güterzuglokomotiven in solchen Fällen bisher verwendete Blindwelle ergibt den kurzen Achsstand. Das Bild läfst weiter die Zugänglichkeit der Lager und Kollektoren erkennen.

Für den Verkehr auf Nebenlinien mit ungünstigen Streckenverhältnissen wurde die Lokomotive der Reihe 1170, Achsanordnung $B_0 + B_0$ in Bestellung gegeben (lfd. Nr. 9, Abb. 8). Sie wird als Drehgestell-Lokomotive mit Einzelachsantrieb Patent Sécheron ausgeführt. Dieser Einzelachsantrieb ist ein verbesserter Westinghouse-Hohlwellenantrieb mit Kraftübertragung durch Schraubenfedern. Ein Motor treibt über beidseitig angeordnete Zahnräder eine Hohlwelle an, welche die Treibachse umfafst. Die Hohlwelle und der Motor sind fest im Rahmen gelagert und können auf die Treibachse über sechs Schraubenfedern, die gleichmäfsig am Umfang verteilt sind, nur ein Drehmoment ausüben. Ein besonderer Vorteil für die Kommutierung des Motors ist es, dafs sich der Anker beim Anlauf um 20° dreht und um diesen Winkel schwingt, bevor die Triebräder in Bewegung kommen.

Als besondere Einrichtungen dieser Lokomotiv-Reihe wären noch zu erwähnen:

Um Generatorwirkung der Motoren durch Fehlschaltungen zu verhindern, wird der Steuerstromkreis in der der Fahrtrichtung entgegengesetzten Richtung durch eine Verriegelungspumpe unterbrochen, so dafs der Führer den Fahrtwender während der Fahrt umstellen kann, ohne dafs eine Umschaltung des Erregerstromes der Triebmotoren zustande kommt.

Die Transformatorenkühlung erfolgt durch Kühlluft, die durch ein Röhrensystem in das Innere des Ölkastens geführt wird. Dadurch ist es möglich, ein sehr günstiges Verhältnis zwischen Gewicht des Transformators und seiner Leistung zu erzielen (Bauart nach Patent Sécheron).

Die Steuerung der Motoren kann sowohl selbsttätig als auch nicht selbsttätig erfolgen. Die selbsttätige Steuerung trägt wesentlich zur Schonung der elektrischen Einrichtung der Lokomotive bei. Hierbei wird die Fahrtkurbel auf eine beliebig gewünschte Fahrstellung gebracht, wodurch ein elektromechanischer Schaltapparat in Tätigkeit gesetzt wird, der über ein Klinkenwerk den Fahrkontroller stufenweise im Sinne des Aufschaltens dreht, solange bis der Kontroller die durch die Fahrtkurbel festgelegte Schaltstufe erreicht hat. Um auf Steigungen oder bei grofsen Belastungen bei sebsttätiger Steuerung eine rasche Anfahrt zu erzielen, kann durch einen Hebel (Fortschalthebel auf Steigung) mechanisch die selbsttätige Weiterschaltung beschleunigt werden.

Die Lokomotive ist mit einer Totmannkurbel und einem Sicherheitspedal versehen. Aufserdem besitzt sie Vielfachsteuerung und elektrische Bremseinrichtung (Wechselstrom) zur Abbremsung des Lokomotivgewichtes.

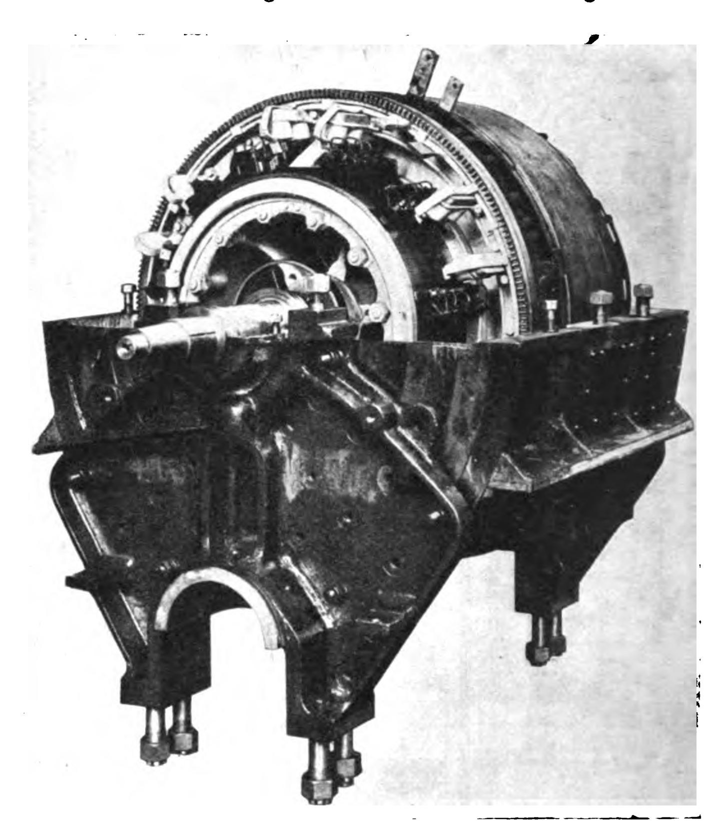


Abb. 19. A. E. G. Union Güterzugmotor in einmotorigem Gehäuse. (Verschiebelokomotive D, Reihe 1070.)

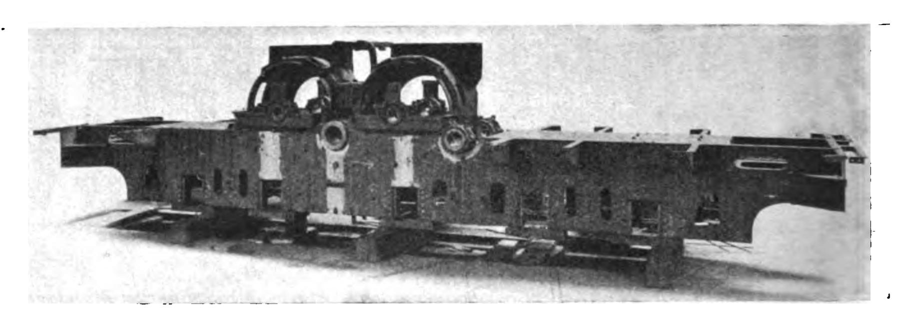


Abb. 20. Güterzuglokomotive, Reihe 1280. Lokomotivrahmen mit eingebautem Motorgehäuse.

Die in der Übersicht (lfd. Nr. 7 und 8) angegebenen Lokomotiven der Achsfolge 1 D 1 und E, Reihe 1470 und 1180 sind Phasenumformer-Lokomotiven und stellen Probeausführungen dar. Bei diesem System wird der Einphasenwechselstrom von 15 000 V Spannung in einen rotierenden Umformer ohne Zwischenschaltung eines Transformators in Mehrphasenwechselstrom niedrigerer Spannung derselben Periodenzahl umgewandelt. Der Ständer des Umformers ist zu diesem Zwecke mit einer Einphasenhochspannungswicklung und mit einer kontinuierlichen Niederspannungswicklung versehen. Durch geeignete Anzapfungen dieser letzteren wird je nach der zu erzielenden Fahrgeschwindigkeit zwei-, drei- oder vierphasiger Wechselstrom abgenommen entsprechend einer 12-, 8-, oder 6-poligen Schaltung der beiden Hauptmotoren. Bei der 8- und 12-poligen Schaltung werden die Motoren auch in Kaskadenschaltung benützt, so dafs sich zusammen fünf Drehzahlen der Motoren und daher fünf wirtschaftliche Fahrgeschwindigkeiten ergeben.

Für den Verkehr auf Strecken mit dichterem Lokalverkehr ist die Beschaffung von vierachsigen elektrischen Trieb-Motorwagen beabsichtigt. Für diese Triebwagen liegen wohl die Grundlagen fest, doch ist eine Vergebung bisher noch nicht erfolgt. In Verbindung mit den Triebwagen sollen auch Steuerungswagen, die mit einem Führerstand versehen sind, bestellt werden, so dafs durch Einschiebung von Beiwagen zwischen den Trieb- und Steuerungswagen ständige Zugeinheiten geschaffen werden können, bei denen Verschubbewegungen in den Umkehrstationen vermieden werden.

Der Ausbesserungsdienst der elektrischen Lokomotiven der Österreichischen Bundesbahnen verteilt sich auf die Hauptwerkstätte in Linz und auf die den betreffenden Zugförderungsleitungen angegliederten Betriebswerkstätten in Innsbruck, Bludenz und Attnang-Puchheim, die bereits im vollen Betrieb stehen und zu welchen noch eine Betriebswerkstätte in Salzburg hinzukommen wird.

Während in der Hauptwerkstätte Linz die mit einem vollständigen Zerlegen der elektr. Lokomotiven verbundenen Hauptausbesserungen, ferner auch die Wiederinstandsetzung der Trieb- und Hilfsmotoren, Transformatoren, Schaltapparate usw. durchgeführt werden, dienen die Betriebswerkstätten hauptsächlich dazu, alle im regelmäfsigen Betrieb vorkommenden laufenden Instandsetzungsarbeiten vorzunehmen.

Für alle genannten Werkstätten wurden die entsprechenden Räume geschaffen, die mit den erforderlichen Einrichtungen und Werkzeugmaschinen für den elektrischen Betrieb ausgestattet worden sind.

Betriebsergebnisse und Betriebserfahrungen auf den elektrisierten Linien der Österreichischen Bundesbahnen.

Von Hofrat Ing. **Eichberg**, Bürovorstand der Generaldirektion der Österreichischen Bundesbahnen.

Von den durch das Gesetz vom 23. Juli 1920 zur Elektrisierung bestimmten Vollbahnlinien in Österreich wurde der elektrische Betrieb zuerst auf der rund 26 km langen Strecke Innsbruck—Telfs am 22. Juni 1923 aufgenommen. Seither sind vier Jahre vergangen, in denen sich eine Teilstrecke nach der andern den bereits elektrisierten anreihte, so dafs zu Beginn dieses Jahres die elektrische Zugförderung von Innsbruck bis Buchs auf eine Strecke von rund 175 km Länge ausgedehnt werden konnte, wozu im ersten Halbjahr 1927 noch die Strecken Feldkirch—Bregenz mit rund 38,5 km und Innsbruck—Wörgl—Kufstein mit rund 74 km kamen.

Die Inbetriebnahme der einzelnen Teilstrecken ging Hand in Hand mit der Fertigstellung der der Energieversorgung dienenden Kraft- und Unterwerke. Das in den Jahren 1909 bis 1912 mit zwei Turbinensätzen von je 4000 PS für die Mittenwaldbahn erbaute und nach Aufstellung eines dritten Satzes von 8000 PS am 26. April 1923 im erweiterten Umfang in Betrieb genommene Ruetzwerk deckt im Verein mit dem in Vorarlberg bei Danöfen errichteten Spullerseewerk, dessen drei Turbinensätze zusammen 24000 PS leisten, den Energieverbrauch der vorangeführten Strecken und der bereits seit dem Jahre 1912 im Betrieb befindlichen Mittenwaldbahn. Das Ruetzwerk ist seiner Anlage nach ein ausgesprochenes Grundbelastungswerk und hat auch als solches im bisherigen Betriebe in durchaus zufriedenstellender Weise gearbeitet. Der Wasserzuflufs ist in den Wintermonaten am ungünstigsten und sank beispielsweise im März 1925 2,2 m³/Sek. und im Januar 1926 auf 2 m³/Sek. Der Zuflufs während der Sommermonate beträgt rund 5 m³/Sek. und ist begrenzt durch die Fassungsfähigkeit des Oberwasserstollens.

Die gesamte, dem aus zwei Becken bestehenden und zusammen 6600 m³ grofsen Wasserschlofs des Ruetzwerks zugeflossene Wassermenge, betrug im Jahre 1925 128890000 m³, von denen 71692000 m³ d. s. 55,6% ausgenützt wurden, während im Jahre 1926 von den zufliefsenden 145553000 m³ 93986000 m², d. s. 64,5%, verbraucht wurden. Die Energieabgabe war im Jahre 1925: 22412000 kWh und im Jahre 1926: 26108000 kWh. Die dem Wasserschlofs des Ruetzwerks im Jahre 1926 monatlich zugeflossenen und hiervon ausgenützten Wassermengen zeigt Abb. 1.

Das am 29. April 1925 in Betrieb gesetzte Spullerseewerk ist mit seinem um 30 m auf 1825 m Meereshöhe künstlich aufgestauten See ein ausgesprochenes Jahresspeicherwerk. Der Spullersee wurde durch eine südliche Betonmauer von 63000 m³ und 278 m Kronenlänge und eine nördliche Sperrmauer von 24000 m³ auf einen Fassungsraum von rund 13½ Millionen m³ gebracht. Von der im Jahre 1925 insgesamt zugeflossenen Wassermenge wurden rund 2105000 m³ und im Jahre 1926 rund 5171000 m³ verbraucht.

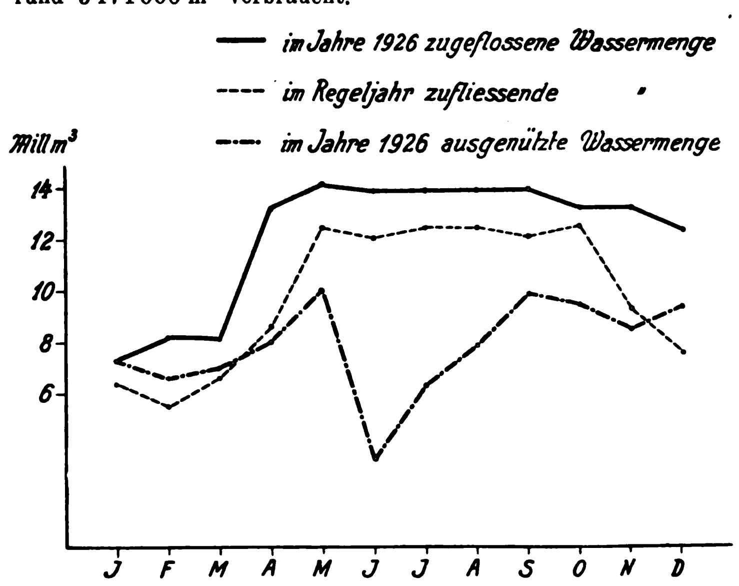


Abb. 1. Die dem Wasserschlofs des Ruetzwerkes im Jahre 1926 zugeflossenen und ausgenützten monatlichen Wassermengen.

Der bisher während zwei Jahren geführte Parallelbetrieb dieser beiden Kraftwerke hat gezeigt, dafs die Werke im allgemeinen klaglos zusammenarbeiten, obwohl Turbinen- und Spannungsregler verschiedener Bauart sind. Die Lastaufteilung wurde von dem Grundsatz geleitet, dafs das Ruetzwerk als Grundbelastungswerk bis zur Grenze seiner Leistungsfähigkeit

(im Sommer gegeben durch die Transformatorenscheinleistung, im Winter durch den Wasserzufluſs) zu belasten ist und das Spullerseewerk den darüber hinausgehenden Leistungsbedarf zu decken hat. Um diesem Grundsatz zu entsprechen, wird der Ungleichförmigkeitsgrad der Turbinen im Ruetzwerk möglichst klein ($1^{1}/_{2}$ %) und im Spullerseewerk groſs ($4^{1}/_{2}$ %) eingestellt, so daſs erst bei voller Belastung der jeweils laufenden Maschinen im Ruetzwerk das Spullerseewerk nennenswerte Wirkleistungen abgibt. Daraus ergibt sich, daſs das Spullerseewerk während der Zeit reichlicherer Wasserführung im Ruetzbach, d. i. von Ende April bis Ende November, fast nur Belastungsspitzenenergie zu liefern hat, während in der übrigen Zeit auf das Spullerseewerk auch ein namhafter Teil der Grundbelastung entfällt.

Um wasserwirtschaftlich die bestmögliche Ausnützung des Ruetzbaches zu erreichen, wird dort der cos φ möglichst hoch gehalten und der überwiegende Teil der Blindleistung vom Spullerseewerk abgegeben. Die Aufteilung des Blindstromes wird durch entsprechende Einstellung der Kompoundierung an den selbsttätigen Spannungsreglern in den beiden Kraftwerken erreicht. Infolge ständiger Veränderung des Ortes der Belastung und der dadurch gegebenen Änderung der Spannungsabfälle ist eine vollständig selbsttätige Aufteilung des Blindstromes nicht immer möglich und zeitweise zusätzliche Handregulierung notwendig.

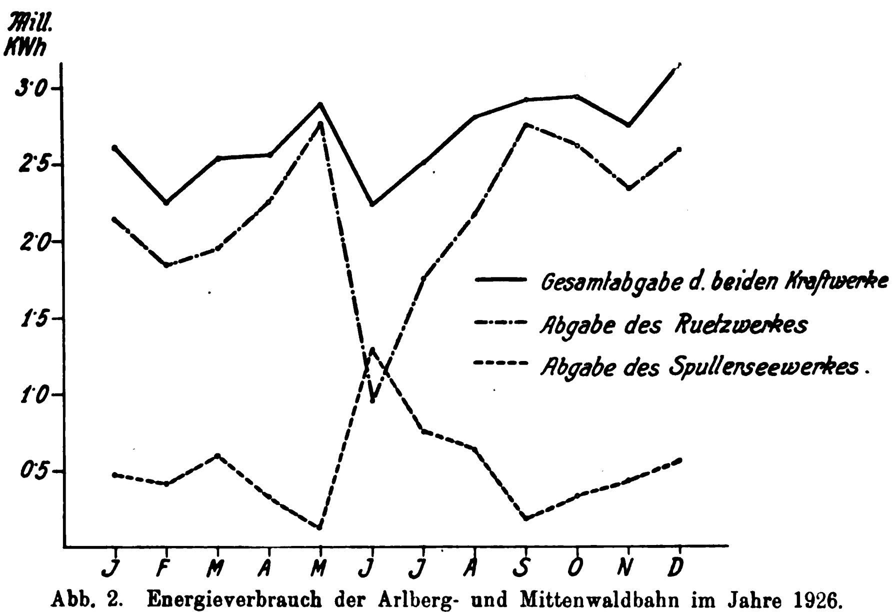


Abb. 2. Energieverbrauch der Arlberg- und Mittenwaldbahn im Jahre 1926.

Das verhältnismäſsig selten vorkommende Auseinanderfallen der beiden Werke bringt nur unwesentliche Verkehrsstörungen mit sich, da das Spullerseewerk innerhalb weniger Minuten zum Ruetzwerk parallel geschaltet werden kann. Dies wird verhältnismäſsig leicht dadurch erreicht, daſs bei den Spullerseewerk-Turbinen die Düsennadeln während der Zeit des Parallelschaltens von Hand aus betätigt werden können, während die Strahlablenker selbsttätig von den Reglern gesteuert werden.

Der Leistungsbedarf des in erster Linie vom Ruetzwerk versorgten Teiles der Mittenwaldbahn von Innsbruck bis Scharnitz mit rund 33 km Streckenlänge und der Strecken westlich von Innsbruck betrug im Jahre 1926: 32200000 kWh bzw. 64000000 kVAh, woran das Ruetzwerk mit 26100000 kWh bzw. 29000000 kVAh beteiligt war. Gegenüber dem Jahre 1925, in welchem der kWh-Verbrauch 24300000 und der kVAh-Verbrauch 48600000 betrug, bedeutet dies eine Zunahme um 7900000 kWh bzw. 15400000 kVAh, wobei die Länge der elektrisierten Strecken, auſser der Mittenwaldbahn, von 136 km auf 175 km stieg. Die monatlichen Energieabgaben der beiden Kraftwerke im Jahre 1926 sind aus Abb. 2 zu ersehen. Das Spullerseekraftwerk wurde im Mai stärker zur Energieabgabe herangezogen, um die reichlichen Zuflüsse infolge der Schneeschmelze, welche sonst über den Überfall in der Südsperre abgelaufen wären, nutzbringend zu verwerten.

Die im Jahr 1926 von den beiden Kraftwerken insgesamt abgegebenen 32200000 kWh dienten zur Deckung des Kraftbedarfs für die Förderung von 506403000 Gesamtlastkilometer, so daſs für 1000 Gesamtlastkilometer einschlieſslich aller Verluste in den Übertragungsleitungen, den Unterwerken und den Fahrleitungsanlagen im Durchschnitt 63,5 kWh notwendig waren. Die Verkehrsleistungen und den Energieverbrauch der Arlbergbahn für 1000 Gesamtlastkilometer in den einzelnen Monaten zeigt Abb. 3.

Die mittlere Belastung beider Werke zusammen hat im Jahre 1926: 3675 kW und die gleichzeitig aufgetretene Höchstbelastung 14000 kW betragen, woraus sich das Verhältnis von Höchstbelastung zur Jahresdurchschnittsbelastung mit 3,8 ergibt. Das Verhältnis der mittleren Belastung in kVA zur installierten Dauerleistung in kVA betrug für das Ruetzwerk im Jahre 1926 0,43 und für das Spullerseewerk 0,556.

Mit dem Weiterschreiten der Elektrisierung und der Zunahme des zu versorgenden Streckenbereichs werden diese Verhältniszahlen und die Ausnützung der beiden Werke wesentlich günstiger werden, da nicht nur der Kraftverbrauch gröſser, sondern auch der Belastungsverlauf gleichmäſsiger wird.

Die bisherigen Erfahrungen mit den beiden Werken haben gelehrt, daſs Anordnung und Ausrüstung der Anlagen den an sie gestellten Anforderungen des oft schwierigen Bahnbetriebs voll gewachsen sind. Maschinen und Apparate haben klaglos gearbeitet und Abschalten oft schwerer Kurzschlüsse einwandfrei vertragen.

Der in den Kraftwerken erzeugte Einphasenwechselstrom von $16^{2}/_{3}$ Perioden und 3000 bis 3300 Volt im Ruetzwerk und 6000 bis 6600 Volt im Spullerseewerk wird auf 50 bis 55 kV hinauftransformiert und in den entlang der Bahnlinie aufgestellten Unterwerken auf die Verbrauchsspannung von 15 kV herabgesetzt. Der Verbindung der Kraft- und Unterwerke untereinander dient eine 55 kV-Übertragungsleitung, die mit Ausnahme eines verhältnismäſsig kurzen Stückes bei Feldkirch durchweg als Freileitung ausgeführt ist und vom Ruetzwerk nach Westen — zum gröſseren Teil abseits der Bahn — über das Spullerseewerk zum Unterwerk Feldkirch geht und nach Osten zu den noch im Bau befindlichen Kraft- und Unterwerken geführt wird. Im ersten Halbjahr 1927 waren rund 230 km Übertragungsleitung im Betrieb. Die entsprechend der Wichtigkeit einer völlig betriebssicheren Energieübertragung erfolgte Wahl des Leitungsweges und Ausführung der Leitungen hat sich bestens bewährt. Als Leitungsmaterial für diese Leitungen stehen westlich von Innsbruck 2×50 mm² Kupferseil und in den Hochgebirgsstrecken 2×70 mm² Kupfer- bzw. in der Teilstrecke, die über den Arlbergpaſs führt, 2×95 mm² Bronzeseil und östlich von Innsbruck 2×70 mm² und 2×95 mm² Kupferseil in Verwendung. Die Übertragungsleitung ist in einzelne Abschnitte zerlegt, deren Trennung in den Unterwerken durch Trennschalter erfolgen kann. Auch auf den freien Strecken sind an einzelnen Stellen leicht lösbare Verbindungen vorgesehen, um die Aufsuchung und Behebung von Störungen zu erleichtern.

Im Jahre 1925 waren auf der Übertragungsleitung der Arlbergbahn drei Leiterrisse zu verzeichnen, von denen einer durch Baumfällen verursacht wurde. Alle drei Störungen fielen in die Wintermonate. Im Jahre 1926 wurden auf der Über-

tragungsleitung sechs Störungen verursacht, eine durch Baumfällen und zwei durch Zertrümmerung von Isolatoren aus unbekannten Ursachen.

Da bei auftretenden Fehlern an den 55 kV-Leitungen das gestörte Leitungsstück zwischen Kraft- und Unterwerk bzw. zwischen zwei Unterwerken innerhalb kürzester Zeit ausgeschaltet und die Verbindung und damit der Synchronbetrieb über die 15 kV-Seite aufrecht erhalten werden kann, dauern die wenigen durch Störungen an der Übertragungsleitung hervorgerufenen Betriebsunterbrechungen nur kurze Zeit. Infolge des teilweise unwegsamen Geländes stellen, besonders im Winter, die Überprüfung und Instandhaltung der Übertragungsleitung grofse körperliche Anforderungen an die Bediensteten.

Der letzte Teil der im Unterwerk Feldkirch vom Spullerseewerk her einmündenden Übertragungsleitung ist als Kabel ausgeführt. Diese Erstausführung eines 60 kV-Kabels in Österreich, bestehend aus zwei bleiumhüllten nicht gepanzerten Strängen, hat sich im Betrieb bestens bewährt und bisher allen Erwartungen voll entsprochen.

Von den zur unmittelbaren Versorgung der Linie Salzburg—Buchs (Bregenz) und Innsbruck—Brenner vorgesehenen zwölf Unterwerken, waren zu Beginn des Jahres 1927 sechs im Betrieb. Vier hiervon und zwar die für die Strecke Innsbruck—Landeck errichteten Unterwerke in Zirl und Roppen und die beiden an den Rampen des Arlberg gelegenen Werke Flirsch und Danöfen sind Gebäudestationen, während die Unterwerke Feldkirch und Hall i. T. der in Österreich zum erstenmal für Bahnbetrieb ausgeführten Halbfreilufttype angehören. Jedes Unterwerk ist mit zwei oder drei Transformatoren von 1900 bis 2400 kVA Dauerleistung bei entsprechender Überlastungsfähigkeit ausgerüstet. Die Dimensionierung der Transformatoren nach Zahl und Gröfse hat sich als völlig ausreichend ergeben. Der jedem Unterwerk zur Versorgung zugewiesene Streckenabschnitt beträgt rund je 40 km. Diese Entfernung gewährleistet die uneingeschränkte Verkehrsabwicklung auch dann, wenn eines der Unterwerke abgeschaltet werden mufs, da die Stromversorgung ohne allzu grofse Spannungsabfälle von den beiden Nachbarunterwerken übernommen werden kann.

Die auf der Strecke Innsbruck—Buchs bzw. Bregrenz in den Unterwerken eingebaute Leistung beträgt je km im Mittel 120 kVA, die mittlere Belastung rund 30 kVA, wonach sich ein Ausnutzungsfaktor von 0,25 ergibt.

Die an das Netz abgegebenen Energiemengen des Talunterwerkes in Roppen betrugen im Jahr 1925 3807000 kWh. Die mittlere Belastung war 435 kW (970 kVA), die Höchstbelastung 2800 kW (3700 kVA). Im Jahre 1926 stieg der Verbrauch in dem genannten Unterwerk auf 4664000 kWh, bei einer mittleren Belastung von 531 kW (1100 kVA) und einer Höchstbelastung von 4400 kW (5900 kVA). Die installierte Transformatoren-Dauerleistung beträgt 2 × 1900 kVA.

Die beiden Rampenunterwerke in Danöfen und Flirsch, von denen das erstere die Westrampe mit 31,4 ‰ durchgängiger Steigung, das andere die Ostrampe mit maximal 26,4 ‰ mit Strom zu versorgen hat, sind mit Transformatoren von je 2400 kVA Dauerleistung ausgerüstet und zwar Danöfen mit zwei und Flirsch mit drei Stück. Die Energieabgabe des Unterwerkes Danöfen, dessen Speisebereich normal von St. Anton bis Bludenz reicht, betrug im Jahr 1926 7377500 kWh, bei einer mittleren Belastung von 845 kW (1400 kVA) und einer Höchstbelastung von 7500 kW (9400 kVA). Das Verhältnis der Höchstbelastung zur Jahresdurchschnittsbelastung hat im Jahre 1926 in den einzelnen Unterwerken Zirl, Roppen, Flirsch und Danöfen betragen: 9,8, 8,2, 12,4 und 8,9. In Abb. 4 sind die Schaubilder für die mittlere Belastung der Unterwerke Roppen und Danöfen im Jahre 1926 wiedergegeben.

Das Unterwerk Feldkirch wurde am 6. 8. 1926, das Unterwerk Hall i. T. am 21. 2. 1927 dem Betrieb übergeben, so dafs sich vergleichende Belastungszahlen noch nicht anführen lassen. Die Anordnung dieser Unterwerke — die 50 kV-Anlage im Freien, der 15 kV-Teil im Erdgeschofs und im ersten Stock des Gebäudes — hat sich bisher sehr gut bewährt. Die offene Bauweise hat auch im Winter 1926/27 zu keinen Störungen Anlafs gegeben.

Die Unterwerke speisen über selbsttätige Ölschalter die Fahrleitungsanlagen mit 15 kV. Als Fahrdraht wird in den Hauptgleisen Kupferprofildraht von 100 mm² Querschnitt und in den Nebengleisen von 65 mm² verwendet. Die auf der ersten Teilstrecke Innsbruck—Telfs in Nebengleisen auf kleinen Bahnhöfen vorgenommenen Versuche mit Eisendraht haben kein günstiges Ergebnis gezeigt, so dafs im weiteren Verlauf der Elektrisierung nur Kupferfahrdraht zur Verwendung gelangte. Auf den Arlbergstrecken wurden zwei Fahrleitungsbauarten ausgeführt, die eine mit Kettenaufhängung und Hilfstragdraht, die andere ohne Hilfstragdraht bei Befestigung des Fahrdrahtes durch lotrechte Drähte an dem durch freihängende Rollen getragenen Tragseil unter Verwendung von Hängeisolatoren.

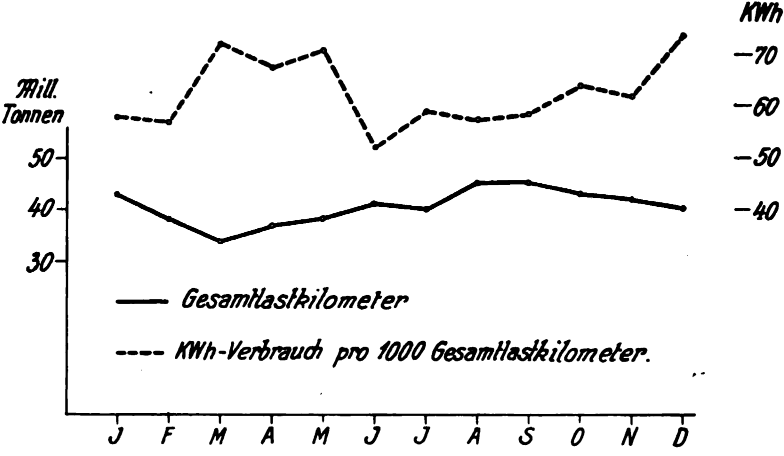


Abb. 3. Arlbergbahn: Verkehrsleistungen und Energieverbrauch für 1000 Gesamtlastkilometer im Jahre 1926.

Auf den Strecken westlich von Bludenz gelangte eine neue Fahrleitungsbauart, gekennzeichnet durch einfache Isolation mit Motorisolatoren, drehbaren Auslegern und vergleichsweise geringer Entfernung der Stützpunkte (60 m in der Geraden) zur Ausführung, welche sich bisher vollkommen bewährt hat und auch auf den Strecken östlich von Innsbruck zur Anwendung gelangen wird.

Um den Spannungsabfall in der Fahrleitung so gering als möglich zu halten und zur Umgehung von in Störungsfällen ausgeschalteten Fahrleitungsteilen, laufen bei eingleisigen Strecken Speiseleitungen (Verstärkungsleitungen) parallel mit der Fahrleitung. Bei der Erstellung der Fahrdrahtanlagen wurde der durch die zahlreichen Isolatoren und die hohe mechanische Beanspruchung gegebenen grofsen Störungsmöglichkeit durch besondere Güte der Ausführung Rechnung getragen, was sich in der verhältnismäfsig geringen Zahl von Störungen zeigt. Ölschalter mit in Reihe geschalteten Widerständen und Amperemetern dienen zum Fehlersuchen und werden an Stelle der herausgefallenen Speiseschalter als Prüfschalter verwendet, derart, dafs durch systematisches Unterteilen der ganzen Fahrleitungsanlage das gestörte Leitungsstück herausgefunden wird, wobei das Prüfamperemeter die erfolgte Abtrennung des Fehlers anzeigt. Die 15 kV-Schalter lösen wesentlich häufiger als die 50 kV-Schalter. Die durchschnittliche Zahl der 15 kV-Schalter-

lösungen betrug im Jahre 1926 je Unterwerk rund neun im Monat und war in dem dem Westbahnhof Innsbruck nächstgelegenen Unterwerk Zirl am gröfsten.

An Überspannungsschutzapparaten sind in den Kraft- und Unterwerken, in den Speisebereich-Trennstellen und teilweise auch in den Bahnhöfen Hörnerableiter mit Ölwiderständen vorhanden. In einigen Bahnhöfen wurden versuchsweise Hörnerableiter mit Carbosilit-Widerständen verwendet, welche jedoch bei auftretenden Überspannungen in Einzelfällen zertrümmert wurden und gegen Ölwiderstände ausgewechselt werden mufsten. Versuchsweise wurde in Bludenz ein nach dem System Bendmann gebauter Wädenswil-Überspannungsschutzapparat mit Zähleinrichtung eingebaut, über dessen Güte sich ein abschliefsendes Urteil noch nicht geben läfst. Der Apparat spricht zwar sehr häufig an, doch ist auch ein Überschlag unmittelbar neben ihm infolge atmosphärischer Überspannungen erfolgt.

Die Nachspannung für Fahr- und Tragdraht erfolgt jetzt allgemein mit einem Leitungszug von 600 kg selbsttätig durch Gewichte. Die an einzelnen Stellen eingebaut gewesene Kurbelnachspannung hat bei starken Temperaturschwankungen nicht entsprochen und wurde ausgewechselt.

Die auf der ersten Teilstrecke von Innsbruck bis Telfs stellenweise aufgestellten Holzmaste haben infolge Verziehens wiederholte Nachregulierungen an der Fahrleitung, teilweise auch die nachträgliche Auswechslung gegen Eisenmaste notwendig gemacht. Die Tragwerke der Fahrleitung in den Tunnels waren infolge des durch längere Zeit geführten gemischten Betriebs stellenweise stark verrostet und mufsten zum Teil ausgebaut, entrostet und frisch gestrichen werden. Hierbei sei auch erwähnt, dafs die Leitungsausrüstung in den Bahnhöfen soweit sie mit doppelter Isolation ausgeführt wurde, zu keinen Störungen beim Dampfbetrieb Anlafs gegeben hat, dafs aber bei Verwendung der einfachen Isolation mit normalen Motorisolatoren in Bahnhöfen mit Querseilausrüstung und zeitweise gemischtem Betrieb manchmal bei gewissen, der Verrufsung besonders stark ausgesetzten Isolatoren Überschläge erfolgten. Überall dort jedoch, wo rein elektrisch gefördert werden konnte, also auch in Bahnhöfen, wo der Verschub elektrisch vorgenommen wurde, hat sich die einfache Isolation durchaus bewährt.

Von den beiden Systemen für die Ausrüstung der Bahnhöfe, der Querseil- und der Querjoch-Aufhängung hat sich erstere infolge der besseren Durchsichtigkeit als die günstigere ergeben, weshalb diese Anordnung in den noch zu elektrisierenden Bahnhöfen im allgemeinen Verwendung finden wird, wobei die jetzige Regelausführung Doppeltragseile vorsieht.

Die im April 1924 teilweise und im Juli 1925 zur Gänze dem elektrischen Betrieb übergebene 107 km lange Salzkammergutbahn nimmt unter den bisher elektrisierten Linien, insofern eine Sonderstellung ein, als für die Speisung nur das bahnfremde, ungefähr in der Mitte der Strecke gelegene Kraftwerk Steeg mit zwei Einphasenwechselstrom-Generatoren für je 1500 kVA Dauerleistung vorhanden ist. Die Energie wird vom Kraftwerk durch eine Doppelleitung von rund 1160 m Länge, mit der Fahrdrahtspannung dem Schalthaus Steeg und von hier unmittelbar den Fahrleitungsanlagen zugeführt. Übertragungsleitungen und Unterwerke sind also keine vorhanden. Die im Schalthaus Steeg ursprünglich eingebauten Ölschalter haben sich infolge der dem schweren Bahnbetrieb nicht völlig entsprechenden Bauart bzw. Abmessungen nicht bewährt und mufsten durch solche gröfserer Abschaltleistungen ersetzt werden. Für die rasche Auffindung von Fehlern in Störungsfällen ist, wie in den Unterwerken der Arlbergbahn, ein eigener Prüfschalter vorhanden.

Wie auf den Strecken westlich von Innsbruck laufen auch auf der Salzkammergutlinie parallel mit dem Fahrdraht von Attnang-Puchheim bis Bad Aussee Verstärkungsleitungen, wodurch die Spannungsabfälle an den Endpunkten nur bei ungünstigen Belastungsverhältnissen 10% erreichen, so dafs, da die Spannung im Werke dauernd über 16 kV gehalten wird, die Spannung in diesen Endpunkten nur selten erheblich unter 15 kV sinkt.

Die Ausführung der Fahrleitungsanlagen mit leichtem Gestänge unter teilweiser Verwendung von Holzmasten und einfacher Isolation hat sich bis auf verhältnismäfsig geringe Anstände durchaus bewährt. Auf einzelnen Teilstrecken mufsten Bronzeklemmen infolge ihrer Brüchigkeit gegen solche aus Tempergufs ausgewechselt werden. Starke Verrostungserscheinungen, die an den Eisenteilen infolge Verschiebedienst mit Dampflokomotiven, Sinterbildung in den Tunnels und in der Nähe von Salinen aufgetreten sind und sich besonders bei den Eisenschrauben in unangenehmer Weise fühlbar machen, haben die Vornahme von Versuchen mit Schrauben aus rostfreiem Stahl veranlafst. Diese Versuche haben ein durchaus befriedigendes Ergebnis gezeigt, da die Lebensdauer an den gefährdeten Stellen etwa das vierfache der der gewöhnlichen Eisenschrauben beträgt, so dafs die hohen Anschaffungskosten reichlich hereingebracht werden. Über die Güte der bei den eisernen Tragwerken in

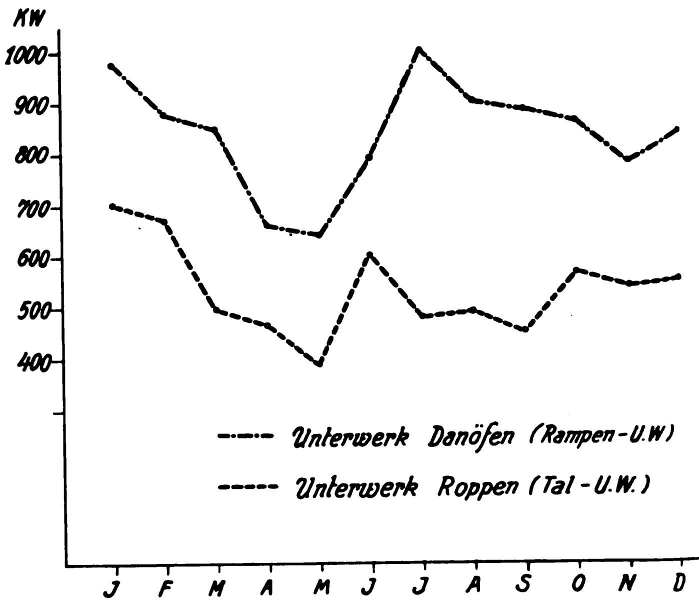


Abb. 4. Mittlere Belastung zweier Unterwerke im Jahre 1926.

den Tunnels zur Verwendung gelangenden verschiedenen Rostschutzmittel läfst sich ein abschliefsendes Urteil noch nicht fällen.

Auf der Strecke von Bad Aussee bis Ebensee verwendete Abspann- und Stützisolatoren mufsten wegen fortgesetzter Überschläge durch Stab- und Delta-Isolatoren ersetzt werden. Eine grofse Zahl der Holzmaste mufste im Laufe des letzten Betriebsjahres ausgetauscht oder durch Beimaste verstärkt werden, da die Fahrleitung infolge Verziehens der Holzmaste verschoben wurde, was dauernd Nachregulierungen notwendig machte.

An Überspannungsschutzapparaten sind auf der ganzen Strecke 18 Stück vorhanden, von denen fünf im Schalthause, sieben in eigenen Häuschen und die übrigen auf den Schaltgerüsten der Bahnhöfe angebracht sind. Die im Schalthaus und in den Häuschen untergebrachten Schutzapparate haben Ölwiderstände, die im Freien aufgestellten Carbosilitwiderstände, welche jedoch ebenso wie auf der Arlbergbahn ausgewechselt werden mufsten. In der Station Attnang-Puchheim wurde ein Wädenswil-Überspannungsschutzapparat der gleichen Type wie in Bludenz eingebaut, der innerhalb zweier Jahre fast 700 mal angesprochen hat, da er schon verhältnismäfsig kleine Überspannungen ableitet und die Strecke nächst Attnang-Puchheim erfahrungsgemäfs ganz besonders gewitterreich ist. Um ein klareres Urteil über den Wert dieser Wädenswil-

Apparate zu erhalten, werden versuchsweise noch andere Apparate dieser Bauart und zwar in besonders gewitterreichen Strecken der Salzkammergutbahn eingebaut werden, wobei schon die Erfahrungen dieses Sommers verwertet werden sollen.

Der Verbrauch an elektrischer Energie ab Kraftwerk Steeg betrug im Jahre 1926 6159300 kWh, die höchste Tagesarbeit 21800 kWh, die geringste 11100 kWh und die Jahresdurchschnittsleistung 700 kW. Da die gröfste vorgekommene Spitzenleistung 5600 kW war, ergibt sich das Verhältnis von Jahresdurchschnittsleistung zur Spitzenleistung mit 1 : 8, ein vergleichsweise ungünstiges Verhältnis, das aber bedingt ist durch die relativ geringen durchschnittlichen Verkehrsleistungen und die besonders im Sommer auftretenden, grofsen Verkehrsspitzen.

Die Beleuchtung kleinerer Bahnhöfe und Haltestellen der Salzkammergutbahn wird durch eigene, an die Fahrleitung angeschlossene Einphasentransformatoren von 0,8 bis 3 kVA bewirkt. Diese Lichttransformatoren haben infolge nicht ganz zweckdienlicher Bauart bisher nicht vollkommen entsprochen und mufsten teilweise umgebaut werden. Um das unangenehme Flimmern der in den Kanzleien und Wohnungen verwendeten Glühlampen bei Anschlufs an Einphasenstrom tunlichst herabzusetzen, wird mit eigenen Spannungsteilern die Sekundärspannung des Transformators (110 bis 130 Volt) auf etwa 25 Volt herabgesetzt. Aufserdem werden durchweg mattierte Glühlampen verwendet. Diese Beleuchtungsart kann als durchaus zufriedenstellend bezeichnet werden.

Die Instandhaltung der Unterwerke und der Leitungsanlagen auf der Arlbergbahn und der Leitungsanlagen auf der Salzkammergutbahn wird von Leitungsmeistereien — bestehend aus je zwei Leitungspartien zu je vier Mann — besorgt, die auf den Strecken westlich und östlich von Innsbruck der Kraftwerks- und Elektrostreckenleitung in Innsbruck, auf der Salzkammergutbahn der Elektrostreckenleitung in Steeg unmittelbar unterstehen. Zur Behebung von Störungen an den Fahrleitungsanlagen stehen benzinelektrische Turmwagen mit heb- bzw. senkbarer und ausschwenkbarer Plattform, ferner Gerüstwagen und Motordraisinen zur Verfügung. Die Turmwagen haben 70 bis 100 PS-Antriebsmotoren und verfügen aufserdem über ein eigenes Beleuchtungsaggregat. Die Motordraisinen sind mit 12 bis 15 PS-Motoren, Windschutzscheibe und Regendach ausgestattet und teilweise mit Boschlichteinrichtung, teilweise mit Nife-Akkumulatoren versehen. Beide Einrichtungen haben sich insbesonders für die Störungsbehebung bei Nacht und in den Tunnels als aufserordentlich zweckmäfsig erwiesen.

Die elektrische Zugförderung bedingt nicht nur durch die dauernden Schwankungen in der Belastung einen schwierigeren Betrieb als jede andere elektrische Anlage, sondern verlangt auch von allen für die Stromlieferung und Verteilung in Frage kommenden Maschinen und Apparaten und vom Bedienungspersonal eine erhöhte Bereitschaft, da sich gröfsere Störungen in der unangenehmsten Weise im Zugverkehr fühlbar machen. Deswegen wurde bereits bei der Entwurfsbearbeitung auf möglichste Sicherheit der einzelnen Anlageteile und auf Vorhandensein gröfstmöglicher Reserven Bedacht genommen. Kranke Teile können auf rascheste Art ausgeschaltet bzw. durch gesunde ersetzt werden. Eigene telephonische Verbindungen zwischen den Kraft- und Unterwerken und den Leitungsmeistereien und den Zentralstellen in Innsbruck bzw. Steeg sorgen für eine schnelle Verständigung aller beteiligten Stellen. Die dauernden Verbesserungen und die Verwertung des bei früheren Störungen Gelernten, hat dazu geführt, dafs im Jahre 1926 auf der Arlberg- und Mittenwaldbahn insgesamt nur 86 Betriebsstörungen vorgekommen sind, von denen sich 32 d. s. 38 % auf den Verkehr überhaupt nicht auswirkten. 20 (23 %) beeinflufsten den Verkehr auf kurzen Streckenabschnitten (Stationsabstand) bis zu 10 Minuten, 15 (17 %) bis zu 30 Minuten, 6 (7 %) bis zu 60 Minuten, 10 (12 %) bis zu 150 Minuten. Zwei Störungen hatten eine Stillegung des Verkehrs auf der ganzen Strecke bis zu 10 Minuten zur Folge. Der Niedergang einer grofsen Lawine auf der Arlbergwestrampe im Winter 1926 behinderte den Verkehr fast einen Tag.

Auf der Salzkammergutlinie waren im Jahre 1926 insgesamt 171 Störungen zu verzeichnen. Von diesen waren rund 25 % durch Unachtsamkeit des Zugförderungs- bzw. Verkehrspersonals herbeigeführt worden. 14 Isolatordurch- und Überschläge wurden durch Tiere (elf Vögel, zwei Fledermäuse, eine Katze) verursacht. Rund $^4/_5$ der Störungen hatten auf den Zugverkehr überhaupt keinen Einflufs. Von den übrigen Störungen hatte ein beträchtlicher Teil verhältnismäfsig geringfügige Behinderungen im Zugverkehr zur Folge und nur ein kleiner Teil (rund $6^1/_2$ %) hatte Zugverspätungen von einer Stunde oder mehr bewirkt. Von diesen letzteren wurde eine Störung durch direkten Blitzschlag während eines heftigen Gewitters hervorgerufen, wobei sämtliche Isolatoren auf einer Strecke von 400 m zertrümmert wurden. Eine weitere Störung wurde durch einen Orkan in einer besonders dem Winde ausgesetzten Teilstrecke verursacht, wodurch eine Bügelentgleisung und in deren weiteren Folge eine Fahrleitungsbeschädigung auf rund 150 m erfolgte.

Die bisherigen Ergebnisse der elektrischen Zugförderung und die bisher gesammelten Erfahrungen berechtigen zur sicheren Erwartung, dafs die Elektrisierung der Österreichischen Bundesbahnen einen vollen technischen und betrieblichen Erfolg bringen wird.

Neuere Wohnbauten der Österreichischen Bundesbahnen.

Von Ministerialrat Ing. **Schläfrig**, Abteilungsvorstand der Generaldirektion der Österreichischen Bundesbahnen.

In der folgenden Darstellung soll jener Teil der Tätigkeit des Hochbaudienstes der Österreichischen Bundesbahnen in Betracht gezogen werden, der der Deckung des aus Gründen der Elektrisierung auftretenden Wohnungserfordernisses gewidmet war.

Dafs sich diese Deckung nicht ohne besondere Vorsorgen ermöglichte, findet seine Begründung in dem aufserordentlichen Wohnungsnotstand, der als Folge des Krieges und der Nachkriegsverhältnisse auch heute noch allerorten in Österreich herrscht. Es war nicht möglich, die durch die Elektrisierung gebotenen Personalverschiebungen ohne Bauvorsorgen zu bewirken; namentlich an den Standorten der Unterwerke und der Elektrowerkstätten mufsten Wohngebäude entsprechenden Umfanges errichtet werden.

Diese Anlagen befinden sich meist in kleineren Städten oder Orten mit vielfach scharf betontem örtlichen Charakter. Es war sonach die Anpassung des Gebäudes an ein Landschaftsbild oder die Einfügung in den Rahmen bestehender Bauten Voraussetzung des Entwurfes. Durch zweckmäfsige Gestaltung der Dächer, Anordnung von Erkern, Balkonen oder Lauben konnte bei geringem Bauaufwand die bodenständige Eigenart gewahrt und der Bau selbst alten Ortsbildern unauffällig eingefügt werden. Den unterschiedlichen Raumansprüchen, je nach der Zahl der Familienmitglieder, ist dadurch Rechnung getragen worden, dafs das Ausmafs der kleinsten Wohnung mit rund 45 m^2, jenes der gröfsten Wohnung mit ungefähr 90 m^2 bestimmt wurde, wobei 20 % auf Nebenräume entfallen.

Die beiden Wohnbauten in Bregenz schliefsen sich in ihrem Äufsern der Bauweise der Bodenseeuferstädte an (Abb. 1 stellt das eine der beiden Gebäude dar).

Die gröfste dieser Wohnanlagen, für die Bediensteten der Elektrisierungswerkstätte Bludenz, wird nach vollständigem

Ausbau 102 Wohnungen und vier Ledigenzimmer enthalten. Da für die Gesamtanlage nur ein Grundstück von 7800 m² Bodenfläche mit der bauordnungsmäfsigen Verpflichtung zur

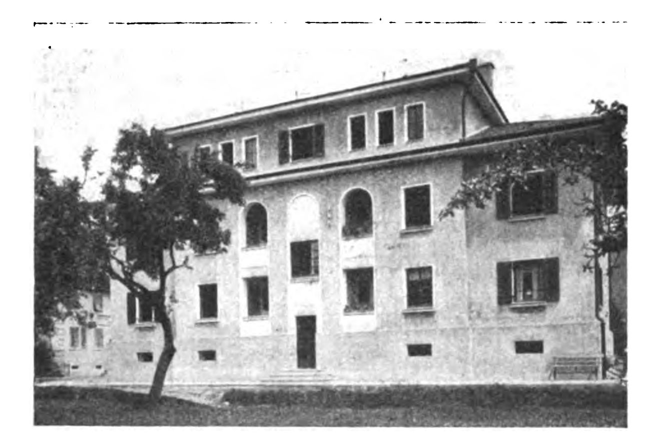


Abb. 1. Bediensteten-Wohngebäude der Österreichischen Bundesbahnen in Bregenz.



Abb. 2. Wohnanlage der Österreichischen Bundesbahnen in Bludenz, Hofgebäude.



Abb. 3. Wohnanlage der Österreichischen Bundesbahnen in Bludenz, Klarenbrunnstrafse.

Anlage von breiten Vorgärten zur Verfügung stand, mufste zu einer zwei- bis dreigeschossigen Gruppenverbauung mit einem Mittelhof und zwei seitlichen Höfen geschritten werden (Abb. 2 und 3).

Die in Abb. 4 bis 6 dargestellten Wohnungen in St. Anton a. Arlberg, Flirsch a. A., und Hall i. Tirol sollen die glück-



Abb. 4. Bediensteten-Wohngebäude der Österreichischen Bundesbahnen in St. Anton a. Arlberg.



Abb. 5. Bediensteten-Wohngebäude in Flirsch a. Arlberg.



Abb. 6. Bediensteten-Wohngebäude der Österreichischen Bundesbahnen in Hall in Tirol.

liche Einfügung der Neubauten in ihre landschaftliche und bauliche Umgebung zur Darstellung bringen und beweisen, dafs auch mit den allergeringsten Mitteln gefällige Gesamtwirkungen zu erzielen sind.

Die Personenseilschwebebahnen und deren Entwicklung in Österreich.

Von Ing. Simmert, Ministerialrat im Bundesministerium für Handel und Verkehr, Wien.

Dieses Bergbahnsystem wurde wohl schon vor Jahren angewandt, brachte aber damals nicht den erhofften Erfolg hinsichtlich der Wirtschaftlichkeit. Erst als es möglich war, bei grofser Sparsamkeit in den Baukosten höchste Leistungsfähigkeit zu erreichen, konnten im grofsen Stil Personenseilschwebebahnen gebaut werden.

Da bei den Personenseilschwebebahnen das höchste Mafs an Verläfslichkeit vorhanden sein mufs, war es nicht leicht, den richtigen Weg zwischen Sicherheit, Wirtschaftlichkeit und Baukapital zu finden. Nur durch das einmütige Zusammenarbeiten der Baufirmen und der Aufsichtsbehörde und durch viel Studium war es möglich, einen Seilbahntyp zu schaffen, mit dem allen Sicherheitsanforderungen entsprochen ist und doch bei verhältnismäfsig billiger Herstellung die höchste derzeit erreichbare Leistung möglich ist. Vor allem war der Entschlufs der österreichischen Eisenbahnaufsichtsbehörde entscheidend, stark gespannte Seile für Personenseilschwebebahnen zuzulassen, wodurch es möglich wurde, leichtere und daher billigere Seile anzuwenden, aber auch den Seilverschleifs so herabzusetzen, dafs er wirtschaftlich nicht mehr ins Gewicht fiel. Damit war die Seilfrage auf ökonomische Weise gelöst. Es erscheint im ersten Augenblick wohl etwas kühn, eine nur $3^1/_2$fache Sicherheit gegen Bruch für die Tragseile zuzulassen, aber die Erfahrung und die durchgeführten Versuche zeigten, dafs die Beurteilung der Bruchgefahr bei Tragseilen nicht nach dem üblichen zahlenmäfsig ausgedrückten Sicherheitsgrad erfolgen darf.

Schon im Jahre 1913 hat Professor Woernle darauf hingewiesen, dafs die Seile des Wetterhornaufzuges infolge der geringen Spannung einem verhältnismäfsig hohen Verschleifs unterliegen müfsten; auch die grundlegenden Versuche über die Lebensdauer von Drahtseilen von Benoit und Woernle haben gezeigt, dafs die eigentliche Ursache für die Zerstörung der Seile die dauernd wechselnden Biegungsbeanspruchungen sind. Die Gröfse der Biegungsanstrengung b eines mit der Kraft S gespannten Seiles, dessen metallischer Querschnitt F ist und das mit einer Querlast, dem Raddruck Q, belastet wird, hat zuerst Isaachen berechnet mit $b = Q\sqrt{\frac{E}{F.S}}$, wobei E die Elastizitätsziffer des Baustoffes bedeutet. Man erkennt daraus, dafs eine möglichst gute Druckverteilung (Kleinhaltung von Q) und Vergröfserung der Seilspannung S die schädlichen Biegungsbeanspruchungen klein halten. Auch eine Vergröfserung von F würde die Biegungsspannungen verkleinern. Einer damit verbundenen Erhöhung des Seilgewichtes stehen lediglich wirtschaftliche Erwägungen entgegen; es scheint jedoch nach den bisherigen Erfahrungen die richtige Grenze sowohl nach unten als auch nach oben bereits gefunden zu sein.

Ein stark gespanntes Seil biegt sich unter der Last also so wenig durch, dafs die Biegungsbeanspruchung im Vergleich zu der hohen Zugbelastung nur eine untergeordnete Rolle spielt. Diese von Praxis und Theorie gleichmäfsig bestätigte Tatsache hat sich auch bei der Meran-Haflingbahn gezeigt, denn nach fünfjähriger Auflagezeit wiesen die dort stark gespannten Tragseile nur fünf bzw. sechs Drahtbrüche auf, durch die die Gesamtfestigkeit des Seiles noch nicht einmal um $1^0/_0$ herabgesetzt worden ist. Dabei sind in dieser Zeit auf der Bahn über 200000 Personen und viele tausend Tonnen Lasten befördert worden.

Ein weiterer Vorteil stark gespannter Seile ist der, dafs zum Tragen eines solchen Seiles eine bedeutend geringere Anzahl von Stützen notwendig ist, grofse Spannweiten (bei der Personenseilschwebebahn auf den Feuerkogel im Höllengebirge 1400 m) eingeführt werden können, was betriebstechnisch und wirtschaftlich von höchster Bedeutung ist, aber auch die Überwachung der Bahn erleichtert. Aufserdem wird aber dadurch noch eine weitere Aufgabe gelöst und zwar die Erhöhung der Leistung, denn die geringe Anzahl von Stützen und die glatte Fahrbahn gestatten eine wesentliche Erhöhung der Fahrgeschwindigkeit und zwar von 2 m/Sek. bei früheren Ausführungen bis auf 4 m/Sek. bei den neuesten Ausführungen.

Die Grundlagen, die den Bau von Seilschwebebahnen als leistungsfähige und in bezug auf Betriebskosten billige Fördermittel ermöglichen, waren also geschaffen. Die Weiterentwicklung war nun davon abhängig, ob es zur Ausführung einer Bahn unter Anwendung der neuen Richtlinien kommt, bzw. ob eine Behörde von vorneherein auf Grund von theoretischen Erwägungen die Verantwortung für den Bau einer solchen Bahn durch Genehmigung der Pläne übernimmt.

Die österreichische Eisenbahnaufsichtsbehörde war die erste, welche beim Auftauchen des Planes, auf die Zugspitze eine Seilbahn zu bauen, diese neuen Richtlinien zur Anwendung brachte und damit die Schaffung dieses Werkes bei Aufrechterhaltung aller Sicherheitsmafsnahmen ermöglichte.

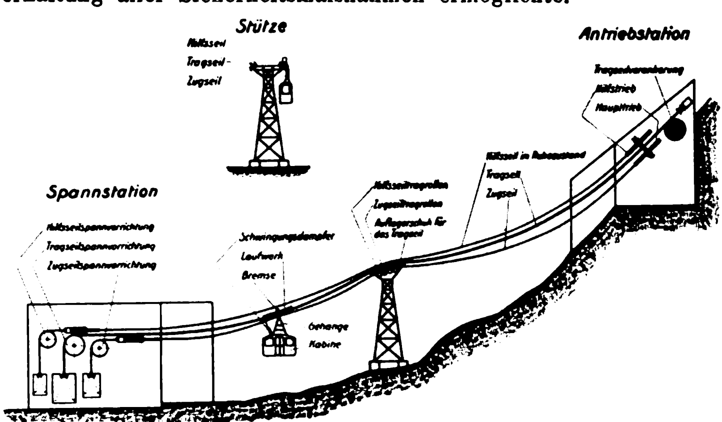


Abb. 1. Grundsätzliche Anordnung der Bauart Bleichert-Zuegg.

Erst nach Schaffung dieser Personenseilschwebebahn war der Weg geebnet und sind auf Grund der mit dieser Bahn gemachten Erfahrungen eine grofse Anzahl weiterer Seilbahnen in Österreich zur Ausführung gelangt. Dem Beispiele der österreichischen Behörde sind in der letzten Zeit viele andere Staaten gefolgt und es sollen auch in Deutschland, Schweden, der Tschechoslowakei und in Italien Personenseilschwebebahnen nach den neueren Richtlinien zur Ausführung kommen.

Die älteren Personenseilbahnen, wie beispielsweise die im Jahre 1912 ausgeführte Kohlernbahn, haben zwei Tragseile für jeden Wagen und zwei Zugseile. Andere Bahnen aus dieser Zeit zeigen ein Tragseil für jeden Wagen, ein Zugseil und ein Fangseil. Dazu kommen Leitungen für elektrische Signalübermittlung und Telephonleitungen, so dafs bei den älteren Bahnen ein ziemliches Gewirr von Drähten und Seilen vorhanden ist. Bei den nach der Bauart Bleichert-Zuegg bisher in Österreich erbauten Personenseilschwebebahnen ist an Seilen vorhanden: ein Tragseil für jeden Wagen, ein Zugseil und das Gegenseil (Abb. 1). Aufserdem ist für den Fall, dafs das Zugseil aus irgendeinem Grunde nicht betriebsfähig sein sollte, ein Hilfsseil vorhanden, das seinen eigenen Antrieb hat und im normalen Betrieb stillsteht, also keinerlei Abnutzung unterworfen ist.

Der Antrieb bei den vier Bahnen, die bisher in Österreich dem Betrieb übergeben wurden, besteht aus zwei Teilen, dem Haupt- und Hilfsantrieb, die zwar auf einer Welle sitzen, aber völlig voneinander getrennt sind. Durch besondere Kupplungsbolzen können beide Antriebe miteinander

verbunden werden, damit man vom Hauptantrieb den Hilfsantrieb und umgekehrt vom Hilfsantrieb den Hauptantrieb antreiben kann. Der Antrieb ist einrillig, weil infolge der gewählten hohen Zugseilspannung die Umschlingung auf einem halben Bogen genügt, um die Antriebskraft auf das Zugseil zu übertragen. Dadurch wird der Antrieb aufserordentlich einfach.

Der Wagen einer Personenseilschwebebahn (Abb. 2) besteht aus einer Kabine, dem Gehänge und dem Laufwerk. Das Gehänge ist am Laufwerk pendelnd befestigt, so dafs der Wagen stets senkrecht hängt. Bei der Konstruktion ist besonderer Wert auf geringes Gewicht gelegt, das durch Verwendung hochwertiger aber leichter Baustoffe und beste Raumausnutzung erreicht wird. Zur Vermeidung von Schwingungen in der

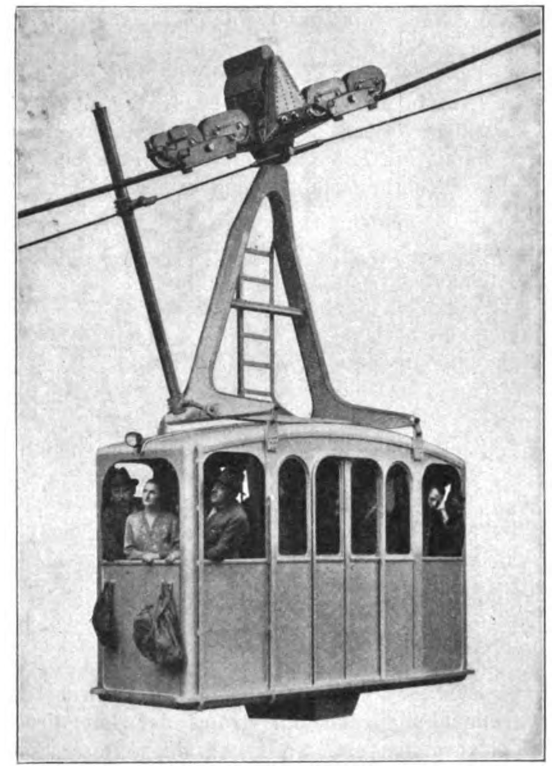


Abb. 2. Wagen einer Seilschwebebahn, Fassungsvermögen 24 Personen.

Längsrichtung ist eine Dämpfungsstrebe, ein Zylinder mit Kolben, der den Wagen gegen das Gegenseil abstützt und durch Zusammenpressen der Luft die Wagenschwingungen abfängt, vorhanden. Je zwei Räder sind in einem Ausgleichträger beweglich gelagert, so dafs die Verteilung der Last auf alle acht Räder gleichmäfsig erfolgt. Das Laufwerk enthält einen sehr wichtigen Bestandteil, die Tragseilbremse, die beim Bruch des Zugseiles in Tätigkeit tritt (Abb. 3). Die Kupplungshülse verbindet das Zugseil mit dem Wagen. Zwischen Seilkopf und Hülse liegt eine Druckfeder von etwa 1 t Spannkraft, durch die der Seilkopf nach links gedrückt wird, wenn etwa durch besondere Fälle höherer Gewalt das Seil reifsen sollte. Dann wird durch Hebelübertragung eine Sperrklinke ausgelöst, die die eigentliche Bremsfeder je nach Anlage bis zu 6 t Druckkraft in gespannter Stellung gehalten hat. Durch sie wird die bewegliche Backe der Bremse unter erheblicher Übersetzung mit bis zu 16 t gegen das Tragseil geprefst und der Wagen am Tragseil festgeklemmt.

Der Antrieb hat drei Bremsen, von denen die erste, die Hauptbackenbremse, unmittelbar auf die Antriebscheibe wirkt. Die zweite ist eine selbsttätig arbeitende Reglerbremse, die bei Überschreitung der vorgeschriebenen Höchstgeschwindigkeit in Tätigkeit tritt und übrigens auch vom Führerstand aus durch Handhebelzug als Notbremse ausgelöst werden kann. Die dritte ist eine elektrische Lüftungsbremse, die neben der Reglerbremse auf der Motorwelle sitzt und bei Ausbleiben des Antriebsstromes einfällt, d. h. wenn entweder vom Führer durch den Kontroller der Strom ausgeschaltet wird, wenn irgendwie eine Unterbrechung der Stromlieferung eintritt oder schliefslich, wenn diese Stromunterbrechung durch Druck auf einen der an mehreren Stellen des Antriebsraumes und in den Wagen befindlichen Schalter absichtlich herbeigeführt wird. Der Führer in der Antriebsstation hat vor sich eine Armaturtafel mit Strom- und Spannungszeigern, Geschwindigkeitsmesser und dem Fahrbildanzeiger, der in jedem Augenblick die Stellung der beiden Wagen angibt. Der Fahrbildanzeiger steht in Verbindung mit einem Auslöswerk, durch das die Fahrgeschwindigkeit bei Annäherung der Wagen an die Stationen zwangläufig herabgesetzt wird, wenn dieses infolge Unachtsamkeit des Führers nicht geschehen sein sollte. Aufserdem wird dem Führer die Ankunft der Wagen durch ein Klingelsignal angezeigt. Schliefslich betätigt der Wagen einen Endausschalter, so dafs jedes Überfahren der Endstellung unmöglich ist.

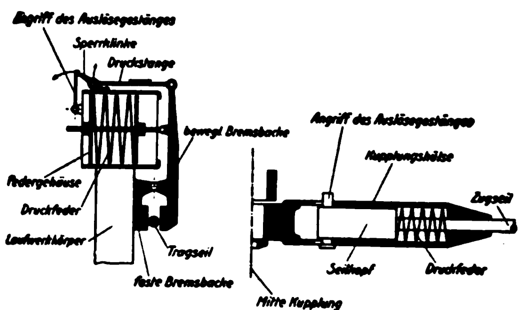


Abb. 3. Darstellung der Wirkungsweise der Tragseilbremse.

Zwischen den beiden Wagen und den Stationen ist jederzeit telephonische Verständigung möglich. Im Gegensatz zu den früheren Ausführungen verwendet die Bauart Bleichert-Zuegg die Seile selbst als Leiter. Die Seilrollen sind deswegen isoliert gelagert. In jedem Wagen ist ein Neigungsmesser angebracht, damit der Fahrer bei Erreichung der behördlich bezeichneten gröfsten Windstärke Anweisung zur Einstellung des Betriebes geben kann.

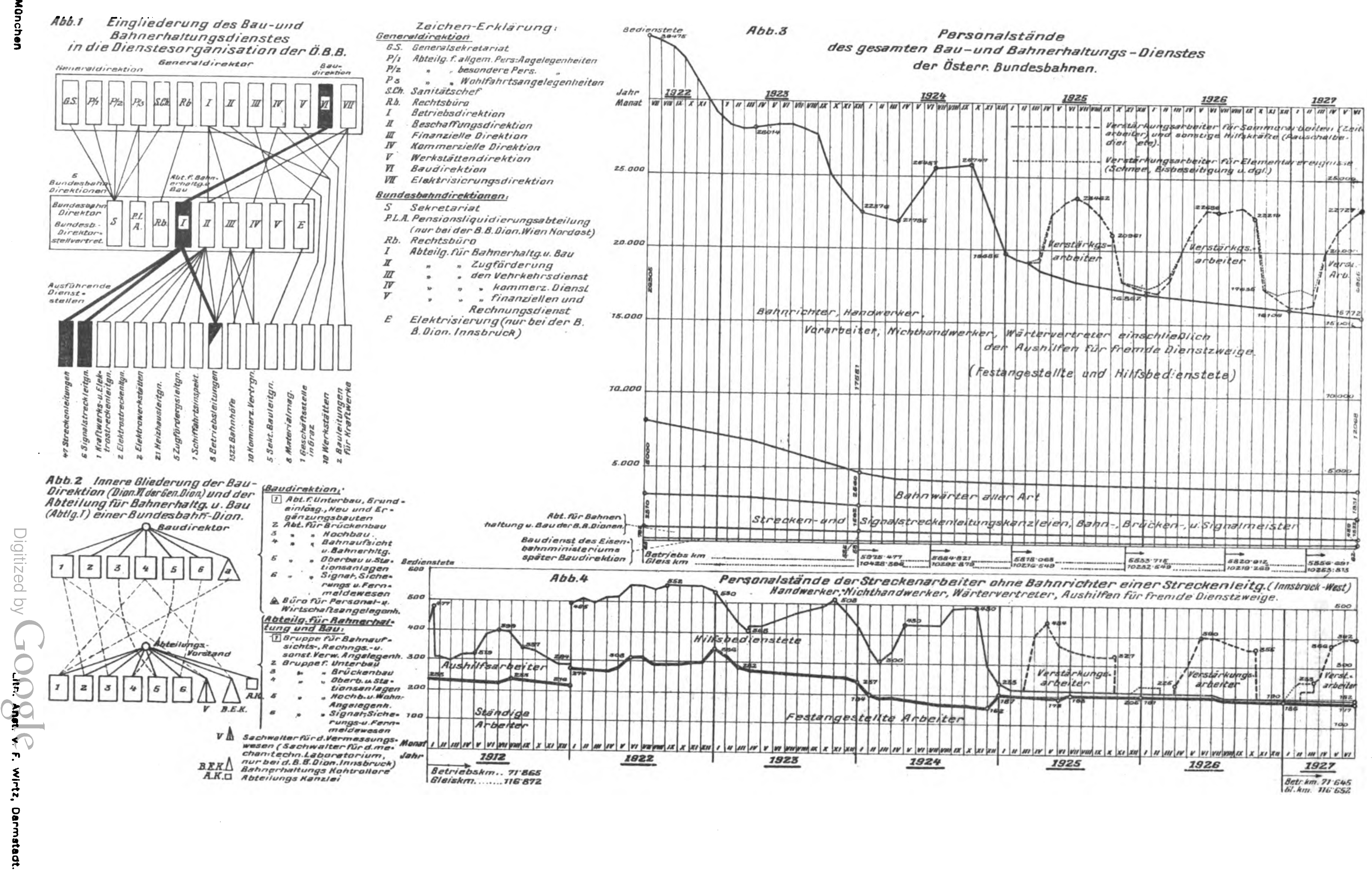
Bisher sind in Österreich vier Personenseilschwebebahnen und zwar die Seilbahn auf die Zugspitze*), die Rax, den Pfänder und den Feuerkogel im Höllengebirge im Betrieb und sechs weitere Seilbahnen und zwar auf den Hahnenkamm, die Schmittenhöhe, die Kanzel, den Patscherkofel, das Hafelekar und die Bürgeralpe im Bau, deren Fertigstellung teilweise noch im Jahre 1927, teilweise bis zum Frühjahr 1928 zu erwarten ist.

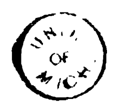
Von diesen Bahnen sind bzw. werden acht nach der Bauart Bleichert-Zuegg, eine nach der Bauart der Alpenländischen Seilbahnbaugesellschaft in Innsbruck — welche Bauart sich von Bleichert-Zuegg dadurch unterscheidet, dafs sie zwei Zugseile und eine geänderte Auflageschuhform für das Tragseil hat — und eine nach der von der »Fabbag« angewendeten verbesserten Bauart Ceretti & Tanfani, bei welcher die Bremsung an einem eigenen Fangseile erfolgt, ausgeführt.

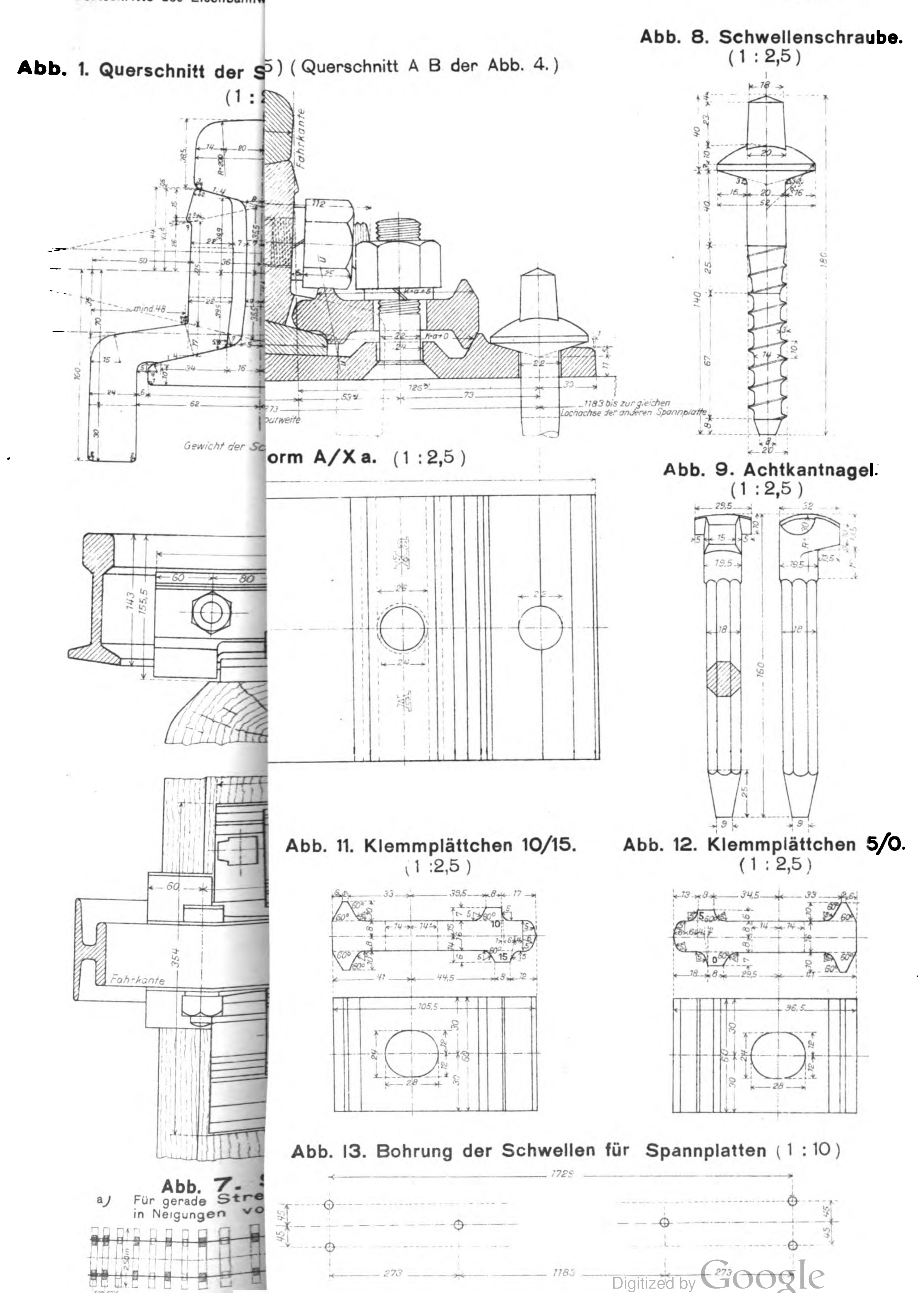
*) Siehe Organ 1927, S. 31.

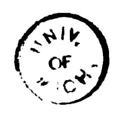
Für die Schriftleitung verantwortlich: Reichsbahnoberrat Dr. Ing. H. Uebelacker in Nürnberg. — C. W. Kreidel's Verlag in München.
Druck von Carl Ritter, G. m. b. H. in Wiesbaden.

Zum Aufsatz: Organisation und Personalwirtschaft im Bau und Bahnerhaltungsdienste der Österreichischen Bundesbahnen.





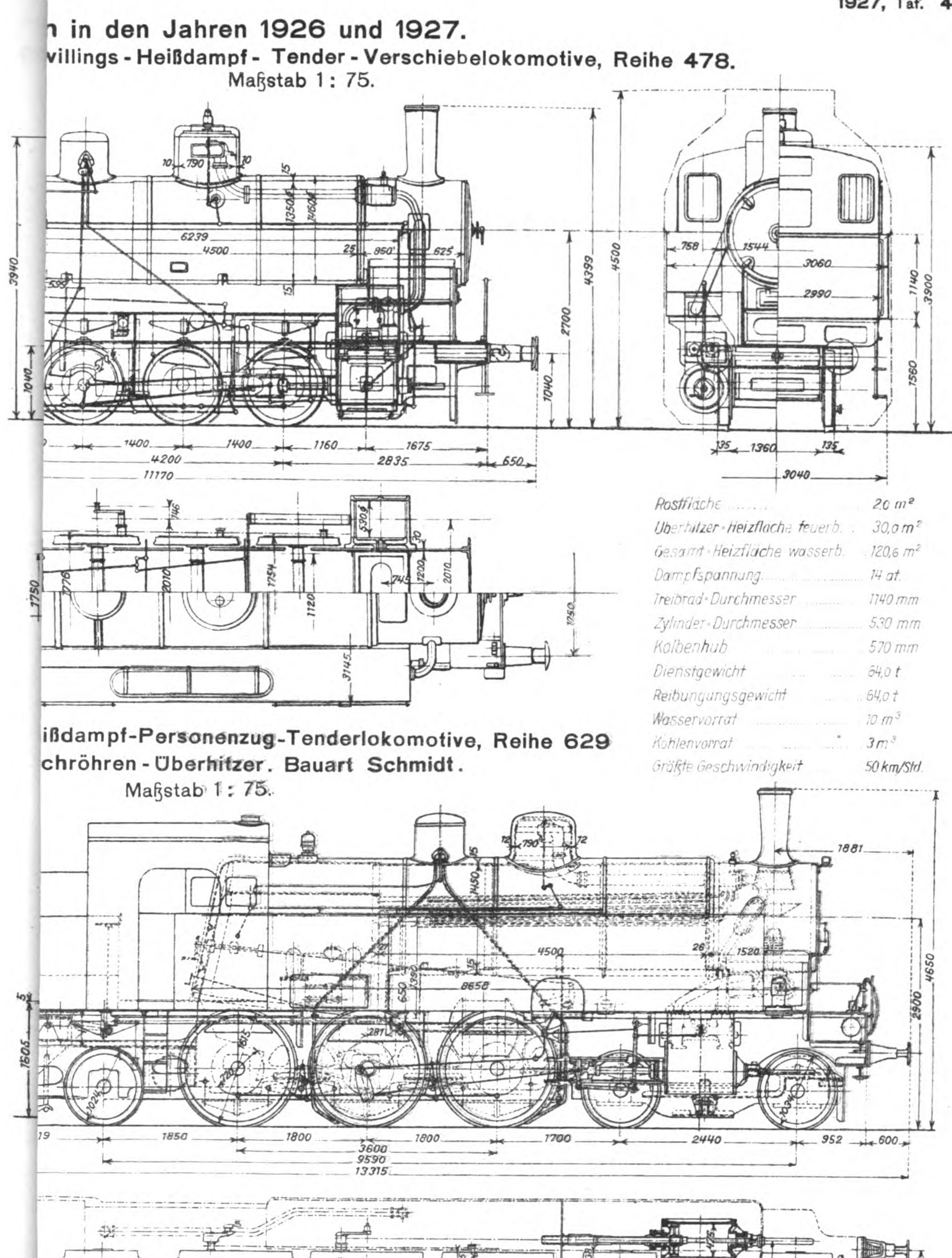

Abb. 1. Querschnitt der S5) (Querschnitt A B der Abb. 4.)
orm A/X a. (1 : 2,5)
Abb. 8. Schwellenschraube.
(1 : 2,5)
Abb. 9. Achtkantnagel.
(1 : 2,5)
Abb. 11. Klemmplättchen 10/15.
(1 : 2,5)
Abb. 12. Klemmplättchen 5/0.
(1 : 2,5)
Abb. 13. Bohrung der Schwellen für Spannplatten (1 : 10)
Abb. 7.
a) Für gerade Stre
in Neigungen vo
Fahrkante
1183 bis zur gleichen Lochachse der anderen Spannplatte



n in den Jahren 1926 und 1927.

villings - Heißdampf - Tender - Verschiebelokomotive, Reihe 478.

Maßstab 1 : 75.



ißdampf-Personenzug-Tenderlokomotive, Reihe 629

chröhren - Überhitzer. Bauart Schmidt.

Maßstab 1 : 75.

C. W. Kreidel's Verlag, München.



Abb. ... Verbund-Güterzuglokomotive, Reihe 180, Maßstab 1 : 75.

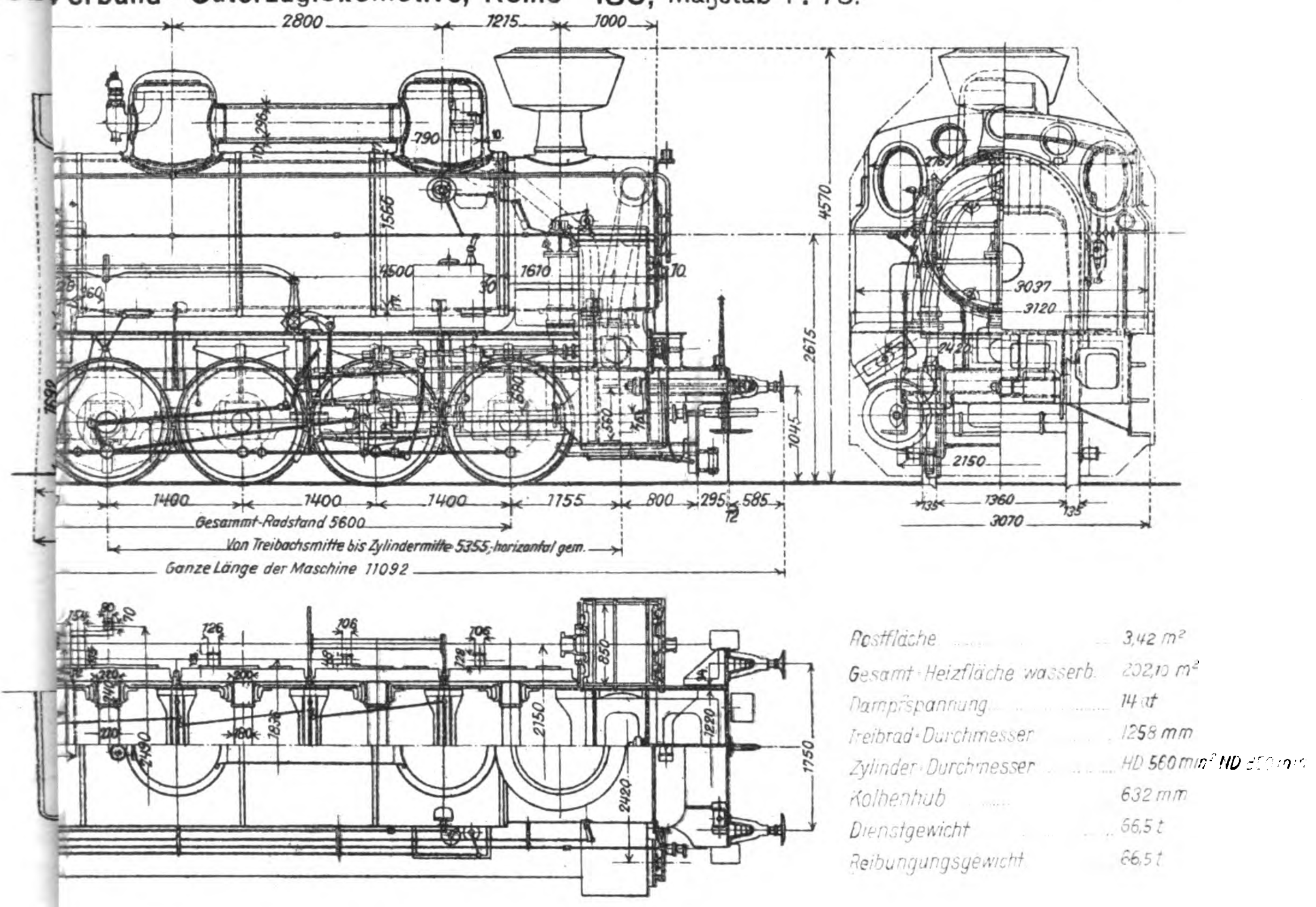
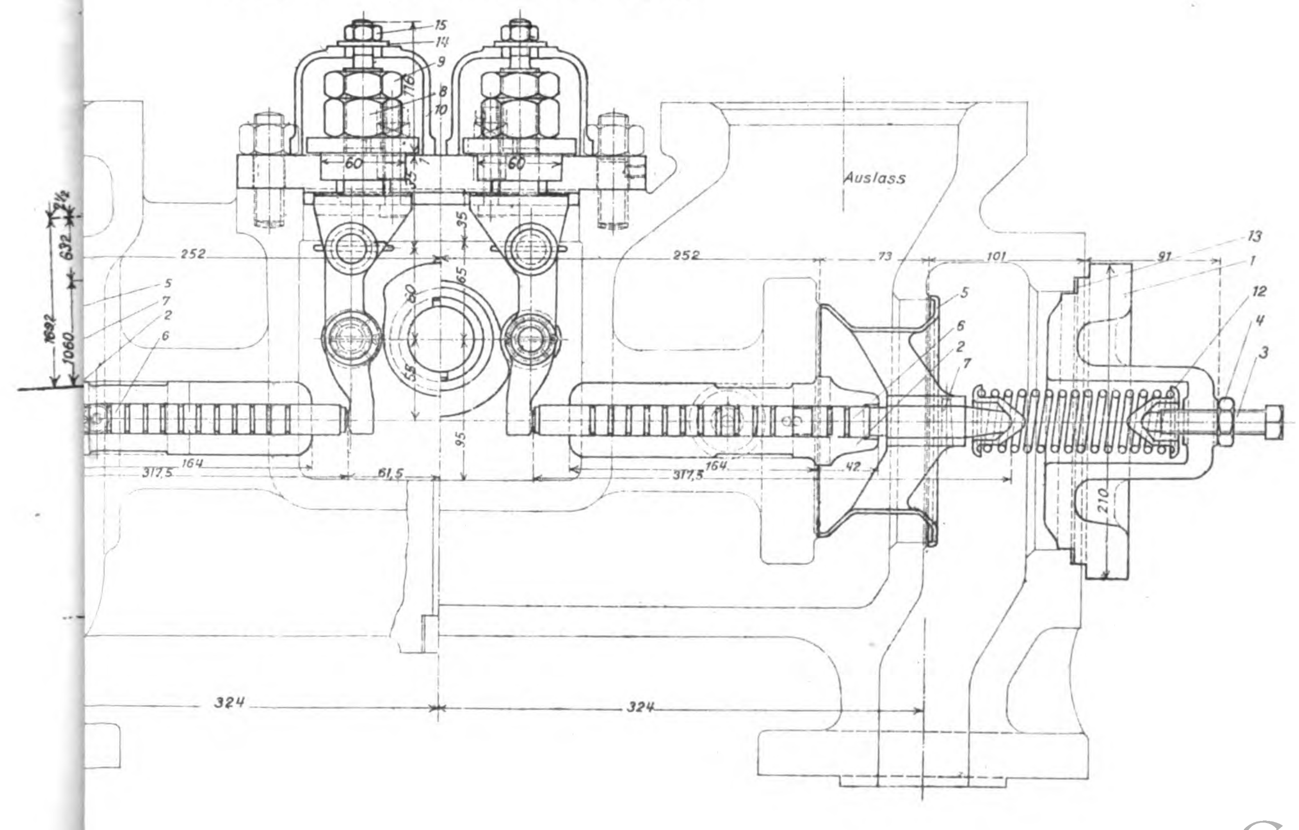


Abb. 4. Jnnere Ventilsteuerung.



Zum Aufsatz: Der Bau des Hochstraßtunnels der Eisenbahnlinie Friedberg - Pinkafeld.

Überholung des Verbruches auf der Tunneleingangseite.

Maßstab 1 : 250.

Ausführung eines stützenden Tunnelringes vor Jnangriffnahme des Schachtabtriebes Km 2·462s–2·489s
Schacht 7/8 m zur Überholung des Verbruches
Spätere Anschüttung
Verbruchmaterial
lehmiger Schotter
fetter, fester Tegel
fetter Lehm
wasserführender Sand
lehmiger, fester Schotter
Grauer Schwimmsand
Ring Nr. 1a 2 3 4

Nach der österreichischen Bauweise betriebener Ring.
Herstellung des Ringes Nr. 4 nach einer der belgischen ähnlichen Bauweise. (Schnitt a).
Rißbildungen
lehmiger, fester Schotter
Grauer Schwimmsand
1a 2 3 4

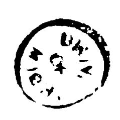
Ring 4.

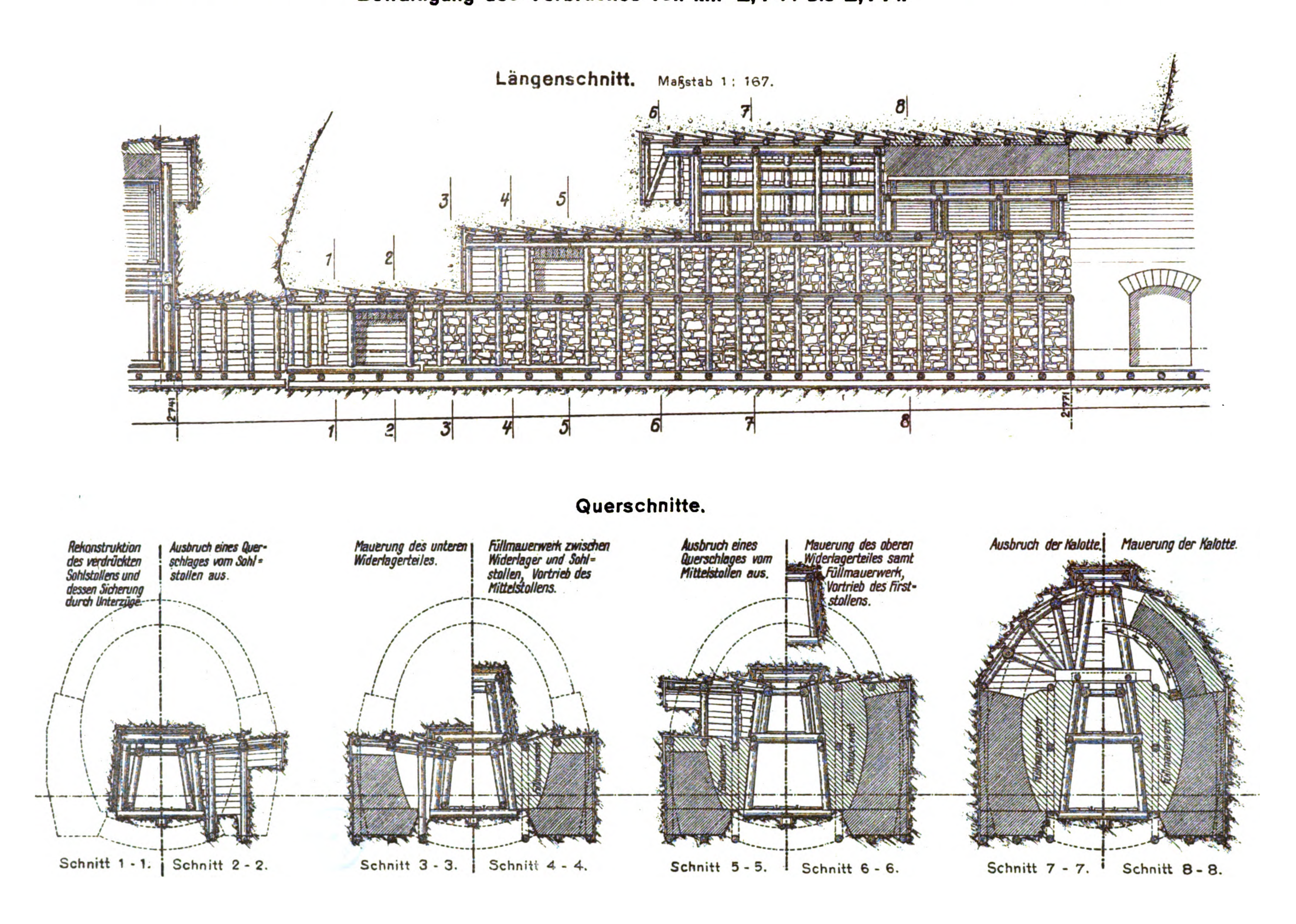
Schnitt a - a.

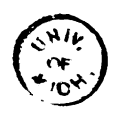
Vortrieb des Firststollens und Abteufen eines Schlitzes vom Firststollen zu der im Schwimmsand liegenden Tunnelsohle.
Anschüttungsmaterial
Erfolgreicher Vortrieb des Sohlstollens.
Schwimmsand
Ring Nr. 2 3 4 5

Ring 4 und 5.

Schnitt b - b.




Zum Aufsatz: Der Bau des Hochstraßtunnels der Eisenbahnlinie Friedberg - Pinkafeld.
Bewältigung des Verbruches von km 2,741 bis 2,771.
Längenschnitt.
Maßstab 1: 167.
Querschnitte.
Rekonstruktion des verdrückten Sohlstollens und dessen Sicherung durch Unterzüge.
Ausbruch eines Querschlages vom Sohlstollen aus.
Mauerung des unteren Widerlagerteiles.
Füllmauerwerk zwischen Widerlager und Sohlstollen, Vortrieb des Mittelstollens.
Ausbruch eines Querschlages vom Mittelstollen aus.
Mauerung des oberen Widerlagerteiles samt Füllmauerwerk, Vortrieb des Firststollens.
Ausbruch der Kalotte.
Mauerung der Kalotte.
Schnitt 1 - 1.
Schnitt 2 - 2.
Schnitt 3 - 3.
Schnitt 4 - 4.
Schnitt 5 - 5.
Schnitt 6 - 6.
Schnitt 7 - 7.
Schnitt 8 - 8.



ıdsätzliche Schaltanordnung des Relais Stromkreises
Berücksichtigung des Schutzes gegen Fremdströme.

Innsbruck

Die Fahrstraßen nur dann aufge nicht besetzt

Die Festlegun klinken des S Grenzmarken sind.

Ortsschalter I

Weiche I

Von Innsbruck

Von Innsbruck

Nach Bludenz

Nach Bludenz

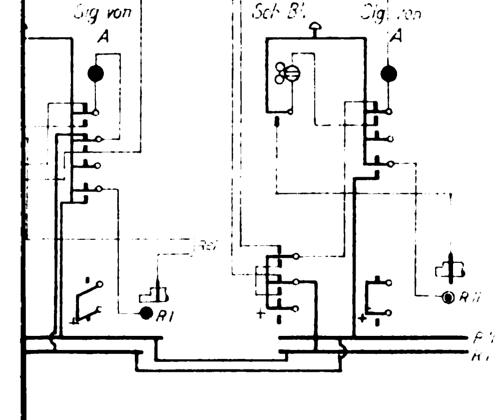
Verschub vom

RR LR.

...ugerkontakt ...schlagen

Einfach isoliert mit O-Kontakt

...ugerkontakt...

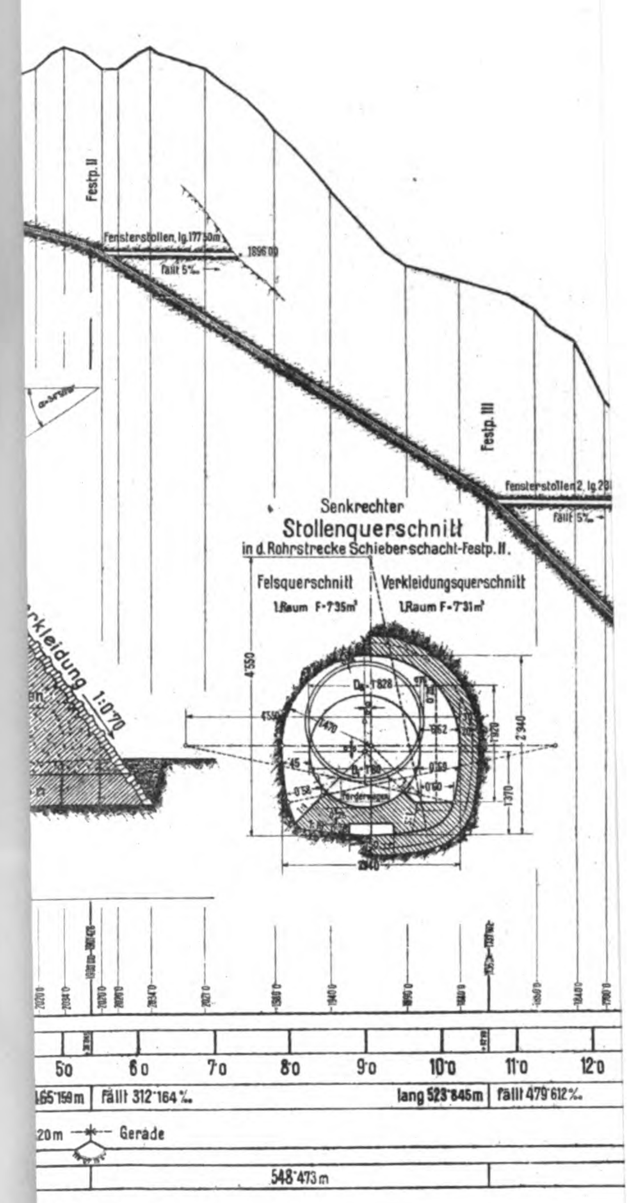


Lith. Anst. v. F. Wirtz, Darmstadt. C. W. Kreidel's Verlag, München



und Unterwerke.

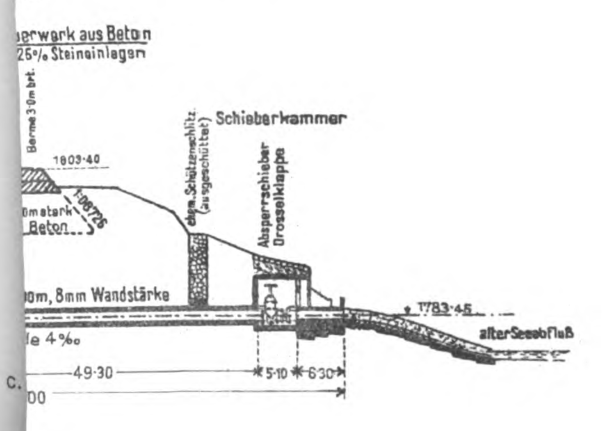
Abb. 5. Stubachwerk. Längenschn



Schnitt durch
den Grundablass.

Anlageverhältnisse der
nördl. Sperrmauer.

Größte Höhe rd. .... 25,5 m
Kronenlänge .... 186 m
Betonkubatur .... 24000 m³
Krümmung im Grundriß ...... 400 m
Profiltype wie südl. Sperre
kein Grundablaß



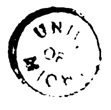
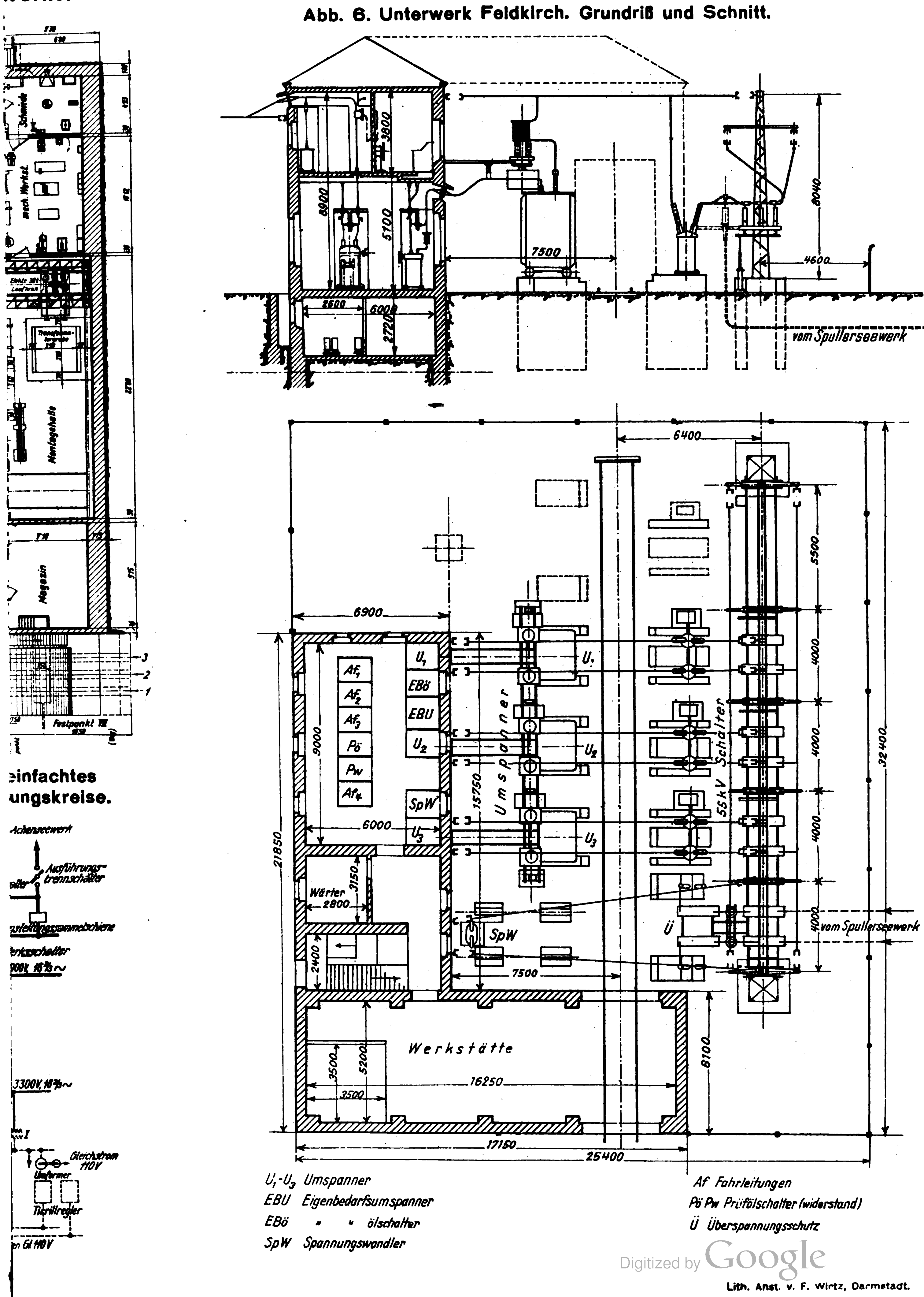
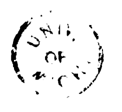


Abb. 6. Unterwerk Feldkirch. Grundriß und Schnitt.



U_1-U_3 Umspanner
EBU Eigenbedarfsumspanner
EBö „ „ ölschalter
SpW Spannungswandler
Af Fahrleitungen
Pö Pw Prüfölschalter (widerstand)
Ü Überspannungsschutz

Lith. Anst. v. F. Wirtz, Darmstadt.




1927
82. Jahrgang.

Heft 24
30. Dezember

ORGAN
FÜR DIE
FORTSCHRITTE DES EISENBAHNWESENS

TECHNISCHES FACHBLATT
DES VEREINS DEUTSCHER
EISENBAHNVERWALTUNGEN



HERAUSGEGEBEN VON
DR. ING. H. UEBELACKER
C. W. KREIDEL'S VERLAG · MÜNCHEN

Inhaltsverzeichnis:

Die neue Lokomotivausbesserungswerkstatt beim Bahnbetriebswerk Dresden-Altstadt. Richter. 511. — Taf. 49.
Fensterwischer für Lokomotiven. H. v. Littrow. 513.
Werkstofftagung Berlin 1927. 516.
Eine drei- und viergleisige Strecke mit in beiden Richtungen befahrenen Gleisen. Wernekke. 517.
Der elektrische Betrieb der Natalstrecke der Südafrikanischen Regierungsbahnen. Alfred Marschall. 518.
Internationaler Kongrefs für Materialprüfungen in Amsterdam vom 12. bis 17. September 1927. 522.
Der Wiederaufbau der Salcanobrücke über den Isonzo. 522.
Versuche der Deutschen Reichsbahn mit kohlensparenden Lokomotiven. 523.
Neu erschienene Lonormen. 523.
Verwendung von Lautsprechern und drahtloser Telephonie im amerikanischen Eisenbahnbetrieb. 525.
Ersparnisse im Verschiebedienst. 525.
Betrieb eines amerikanischen Zugbildungsbahnhofs. 525.
Vorläufiger Abschlufs der Elektrisierung der Österreichischen Bundesbahnen. 526.

Besprechungen:

J. Jahn: Der Lauf von Eisenbahnfahrzeugen durch Gleiskrümmungen. 526.
Jubiläums-Sonderheft zum 50jährigen Bestehen von Glasers Annalen. 528.
Locomotive Cyclopedia of American Practice. 529.
F. X. Saurau, Die Entwicklung der elektrischen Lokomotiven und Triebwagen usw. 529.
Zuschrift an die Schriftleitung. 529.

Verschiedenes:

Bildung eines Fachausschusses für Anstrichtechnik. 530.
Sach- und Namenverzeichnis 1927.

Organ für die Fortschritte des Eisenbahnwesens

Technisches Fachblatt des Vereins Deutscher Eisenbahn-Verwaltungen

Schriftleitung: Dr. Ing. H. Uebelacker, Nürnberg, unter Mitwirkung von Dr. Ing. A. E. Bloss, Dresden.

82. Jahrgang | 30. Dezember 1927 | Heft 24

Die neue Lokomotivausbesserungswerkstatt beim Bahnbetriebswerk Dresden-Altstadt.

Von Oberregierungsbaurat a. D. Richter, Reichsbahnoberrat, Dresden.

Hierzu Tafel 49.

Nach dem Übergang der Staatseisenbahnen der einzelnen Länder in das Eigentum des Reiches, der Gründung der Deutschen Reichsbahn, wurde Sachsen, dessen 3500 km umfassendes Eisenbahnnetz mit dichtester Stationsfolge bis dahin in der Hauptsache nur dem Wirtschaftsleben des eigenen Landes zu dienen hatte, mehr als sonst an der Bewältigung des grofsen Durchgangsverkehrs mitbeteiligt. Ehedem betrug der Durchgangsverkehr in Sachsen nicht ganz 2 v. H. des sächsischen Gesamtverkehrs.

Die Folge davon war, dafs bald nach dem genannten Zeitpunkt auf den einzelnen Gebieten des Eisenbahndienstes, vor allem aber auf dem des Verwaltungswesens und des Betriebes eine Anpassung an die entsprechenden Verhältnisse aufserhalb Sachsens erforderlich wurde. Diese Umstellung war aber in erster Linie nötig und besonders weitgehend im Betriebsmaschinendienst.

Die Leitung des Betriebsmaschinendienstes lag ehedem in Sachsen, wie auch noch zur Zeit, bei fünf der damaligen Generaldirektion, jetzt Reichsbahndirektion Dresden, unterstellten Maschinenämtern, denen 26 sogenannte Heizhausverwaltungen und 102 Lokomotivstationen nachgeordnet waren.

Das Unterscheidende dabei war aber das, dafs sich die Tätigkeit der Maschinenämter damals fast einzig und allein auf die Gestellung der Zugkräfte und die der Personale für den Zugförderungsdienst beschränkte. Abgesehen von den beiden Hauptbahnhöfen in Dresden und Leipzig, wo das zur Bedienung und Unterhaltung der daselbst vorhandenen zahlreichen maschinellen Anlagen (Aufzüge, Heizungen, Kühlanlagen usw.) nötige Personal zu je einer dem Maschinenamte unterstellten Dienststelle, Bahnhofwerkmeisterei genannt, zusammengefafst war, gehörten anderswo die vorgenannten Dienstobliegenheiten, ebenso aller Orten die Wagenuntersuchung und Wagenreinigung zu den Geschäften der Bahnhöfe, die dazu verwendeten Personale waren als Bahnhofbedienstete den Betriebsdirektionen (Betriebsämtern) unterstellt.

Ebenso hatten die Maschinenämter nichts mit der Fahrzeugausbesserung, der Betriebsstoffverteilung an die Stationen und Bahnmeistereien, nichts mit der Hilfeleistung bei Eisenbahnunfällen, nichts mit der Beschaffung und Unterhaltung der zu den Maschinenbahnhöfen gehörigen maschinentechnischen Anlagen zu tun. Das gehörte alles zu den Obliegenheiten der Werkstättenämter (jetzigen Ausbesserungswerken). Diese hatten demzufolge auch alle darauf besüglichen Belange des Betriebsmaschinendienstes in ihren Jahresanschlägen — die Maschinenämter hatten keine Anschläge für Tit. 14 und 15 aufzustellen — mit aufzunehmen und zu vertreten.

Für den gesamten damaligen Lokomotivpark von rd. 2000 Lokomotiven waren nur zehn Schlosser auf die einzelnen grofsen Heizhausverwaltungen verteilt, die die Lokomotivführer bei ihren kleineren Ausbesserungen an den Lokomotiven zu unterstützen hatten. Alle übrigen Betriebsausbesserungen an Lokomotiven hatten die vier in Dresden, Leipzig-Engelsdorf, Chemnitz und Zwickau befindlichen Werkstättenämter (jetzt Ausbesserungswerke) mit zu erledigen. Zu diesem Zwecke wurden daselbst besondere Schnellausbesserungsstände und für diese besondere Schnellausbesserungskolonnen bereitgehalten. Ähnlich waren die Verhältnisse bis zum Jahre 1917 auch bezüglich der Wagenausbesserung. Auch diese lag bis zu dem genannten Zeitpunkte, selbst die auf den Stationen durch sogenannte Bahnhofschlosser auszuführenden kleinsten Betriebsausbesserungen, den Werkstättenämtern (jetzigen Ausbesserungswerken) ob. Erst vom Jahre 1917 ab kamen die abseits von den grofsen Hauptwerkstätten befindlichen Nebenwerkstätten für Wagenausbesserung als Bahnbetriebswagenwerke und die Bahnhofschlossereien unter die Maschinenämter zu stehen.

Demzufolge waren in Sachsen ehedem im Betriebsmaschinendienst fast keine technischen Kräfte beschäftigt. In den Maschinenämtern war, abgesehen von den Amtsvorständen und ihren Stellvertretern, die akademisch gebildete Maschineningenieure waren, nur nichttechnisches Personal vorhanden. Die Vorsteher der nachgeordneten Dienststellen, sowie ihre Stellvertreter aber waren mit verschwindend wenigen Ausnahmen aus den Reihen der Lokomotivführer hervorgegangen.

Inzwischen hat nun eine allgemeine Umstellung der Verhältnisse stattgefunden:

Die Heizhausverwaltungen sind in Bahnbetriebswerke mit neu eingerichteten, ihnen angegliederten Ausbesserungsstellen, sowie mit Betriebsstofflagern zur Versorgung der Stationen und Bahnmeistereien, die Nebenwerkstätten für Wagenausbesserung in Bahnbetriebswagenwerke umgewandelt worden. Gleichzeitig wurde diesen Dienststellen das Personal für die Wagenuntersuchung und Wagenreinigung zugeteilt und auch ferner damit begonnen, ihnen auch die Bereitschaft für Hilfeleistung bei Unglücksfällen zuzuweisen. Soweit dies alles aus Mangel an Mitteln noch nicht restlos durchgeführt werden konnte, wird es aber noch in diesem, spätestens aber im Jahre 1928 geschehen sein, sobald die allein noch fehlende Ausbesserungsstelle für Lokomotiven für das Bahnbetriebswerk Dresden-Friedrichstadt, deren Bau grundsätzlich bereits genehmigt ist, errichtet sein wird.

Die aufserhalb Sachsens noch hier und da auftretende Meinung, im Bereiche der Reichsbahndirektion Dresden seien keine Betriebswerke (Betriebswerkstätten) vorhanden, ist nach alledem schon seit längerer Zeit nicht mehr zutreffend. Zum weiteren Beweise sollen noch einige Angaben über die z. Zt. neueste, erst Anfang dieses Jahres in Betrieb genommene Lokomotivausbesserungsstelle des Bahnbetriebswerks Dresden-Altstadt angefügt werden.

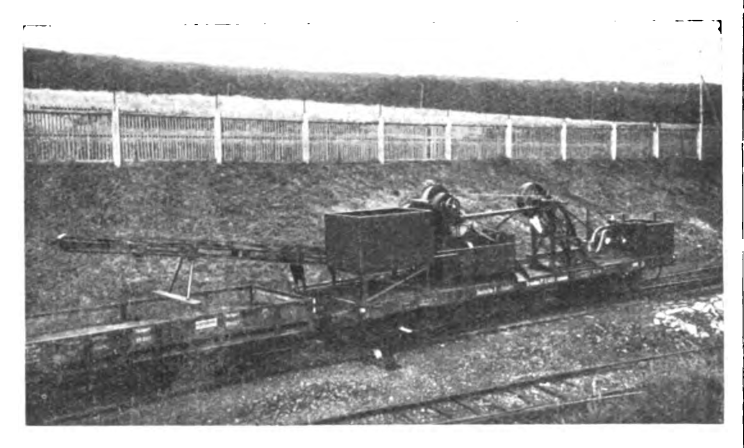
Das Bahnbetriebswerk Dresden-Altstadt liegt links der von Dresden über Freiberg—Chemnitz—Reichenbach (Vogtl.) nach Hof in Bayern führenden Eisenbahnlinie, etwa 2 km hinter dem Hauptbahnhof. Das von ihm beanspruchte Gelände (vergl. Lageplan Abb. 1, Taf. 49) wird einmal von der oben genannten, an dieser Stelle viergleisig ausgebauten Hauptlinie, an den anderen drei Seiten von städtischen Strafsen begrenzt. Diese Einengung bildet seit langem eine empfindliche Erschwernis für alle gröfseren Umgestaltungen der baulichen und betrieblichen Verhältnisse innerhalb des an sich stark belasteten Maschinenbahnhofs. Aus demselben Grunde konnte auch die für das Betriebswerk zu schaffende Lokomotivausbesserungswerkstatt nicht, wie anzustreben war, im Mittelpunkt des Bereiches errichtet werden, sondern war, wohl oder übel, auf das am äufsersten Ende des Maschinenbahnhofs allein verfügbare Gelände zwischen dem vierten



Lokomotivschuppen und der Würzburger Strafse zu verweisen. Zur Beschleunigung und Erleichterung des Verkehrs von den Lokomotivschuppen zur Werkstatt und umgekehrt, mufste daher eine Elektrokarrenbahn angelegt werden.

Für die Unterhaltung in dieser neuen Werkstatt kommen z. Zt. im ganzen 179 Lokomotiven 15 verschiedener Bauarten in Betracht. Diese setzen sich zusammen aus 119 Dienst- und Reservelokomotiven, 16 betriebsfähig abgestellten Lokomotiven und 44 Lokomotiven der dem Betriebswerk unterstellten sieben Lokomotivstationen. U. U. ist auch noch mit einer Beanspruchung durch 45 Wendelokomotiven zu rechnen. Für die hier anfallenden Betriebsausbesserungen und vorgeschriebenen Durchsichten stehen augenblicklich 82 Werkstättenarbeiter zur Verfügung.

Das Gebäude (vergl. Abb. 2, Taf. 49) bedeckt eine Fläche von 2444 m² und umschliefst einen umbauten Luftraum von 25540 m³. Die Zuführung der auszubessernden Fahrzeuge zu den sieben je 29 m langen Ausbesserungsgruben geschieht von der der Würzburger Strafse zugekehrten Seite mit Hilfe einer elektrisch betriebenen Schiebebühne von 200 t Tragfähigkeit. Anfangs war geplant, auch das Gelände auf der dem Werkstattgebäude abgelegenen Seite des Schiebebühnenfeldes zu überbauen und darin das Auswaschen der Lokomotiven vorzunehmen sowie dort die nicht benötigten Lokomotiven abzustellen. Aus Mangel an Mitteln mufste aber davon Abstand genommen werden. Die überzähligen Lokomotiven werden z. Zt. an derselben Stelle, aber im Freien, abgestellt. Das Auswaschen dagegen wird, nach wie vor, in dem dem Werkstattgebäude unmittelbar benachbarten Lokomotivschuppen vorgenommen.



Schlackenscheider.

Bemerkenswert ist die Beheizung der Werkstatt. Sie erfolgt durch Hochdruckdampf von etwa 8,00 at. Spannung, welcher den Dampfkesseln eines den benachbarten Lokomotivschuppen angebauten Kesselhauses entnommen wird.

Die etwa 180 m lange Dampfrohrleitung von 82 mm lichte Weite ist innerhalb des vorgenannten Lokomotivschuppens verlegt, geht dann auf 15 m Länge durchs Freie, aufgehängt an einem Mast, und endigt in einem Dampfverteiler, unmittelbar vor diesem befindet sich ein Abminderungsventil, durch welches der Dampf auf 2 at abgespannt wird.

Die Beheizung der grofsen Halle erfolgt durch zehn Lufterhitzer nach Junkers, und zwar durch sechs gröfsere für eine stündliche Erwärmung von je 69000 m³ Luft und vier kleinere für eine stündliche Erwärmung von je 44000 m³ Luft von + 15° auf + 45° C. Die sechs gröfseren Apparate sind an den Schäften zwischen den sieben grofsen Einfahrtstoren in 5 m Höhe über Fufsboden aufgestellt, und blasen die erwärmte Luft in die Gänge zwischen den sieben Gleisen bzw. Arbeitsgruben. Die vier kleineren Apparate dienen der Beheizung des hinteren Teiles der Halle, in welchem die technische Werkstatt mit den Arbeits- und Werkzeugmaschinen untergebracht ist, und befinden sich an den Fensterseiten in 3,5 m Höhe über Fufsboden. Jeder Apparat ist mit Saugschacht ausgerüstet und saugt die kalte Luft in der Nähe des Fufsbodens ab, so dafs die Luft im Raume beständig umgewälzt wird. Der Antrieb der Lufterhitzerventilatoren erfolgt durch direkt gekuppelte Drehstrommotoren 3 × 220 Volt, von denen diejenigen der gröfseren Apparate je 1,10 P.S. und diejenigen der kleineren Apparate je 0,75 P.S. Leistung besitzen. Die Ein- und Ausschaltung der einzelnen Motoren erfolgt zentral von einer Schalttafel aus, welche sich in der Nähe des Dampfverteilers befindet. Dementsprechend erfolgt die Unterdampfsetzung der einzelnen Lufterhitzer zentral vom Dampfverteiler aus, zu welchem Zwecke die zehn Apparate in vier Gruppen mit je einer Dampfleitung vom Verteiler weg eingeteilt sind.

Aufser den Lufterhitzern befindet sich in der grofsen Halle noch Heizfläche in den sieben Arbeitsgruben zwischen den Gleisen in Form von schmiedeeisernen Heizröhren von 82 bzw. 94 mm lichte Weite, welche zwar für die Raumerwärmung mitbenutzt werden können, in erster Linie aber dem Abtauen der Lokomotiven im Winter dienen sollen. Diese Heizröhren der Arbeitsgruben besitzen eine besondere Dampfzuleitung vom Dampfverteiler weg und können daher unabhängig von den übrigen Heizungseinrichtungen in Betrieb genommen werden. Auch für diese Heizröhren beträgt der Dampfdruck 2 at.

Die der grofsen Halle vorgebaute Kupferschmiede mit Klempnerei und Lagergiefserei besitzt örtliche Dampfheizkörper für gleichfalls 2 at Betriebsdampfdruck, und zwar eine schmiedeeiserne Wandrohrschlange und einen gufseisernen Rippenkörper.

Aufserdem sind in dem Anbau noch untergebracht die Verwaltungsräume, ein Arbeiterschankraum und ein Arbeiterwaschraum. Letzterer ist mit einem Warmwasserbereiter ausgestattet, der durch Dampf von 2 at Druck betrieben wird.

Die Erwärmung der vorgenannten Räume erfolgt durch örtliche Heizkörper (teils Rippenkörper, teils schmiedeeiserne Wandrohrschlangen) für Niederdruckdampf. Da auch diese Heizkörper in Gruppen mit getrennten Dampfzuleitungen geteilt sind, ist neben dem Hochdruckverteiler ein Niederdruckverteiler mit einem vorgeschalteten Abminderungsventil aufgestellt; letzteres spannt den Dampf von 2 auf 0,05 at ab.

Sämtliches Niederschlagwasser aus den Heizungsanlagen wird innerhalb des Gebäudes zusammengeführt und durch eine etwa 165 m lange Hauptleitung von 80 mm lichter Weite nach einer Grube des Kesselhauses geleitet, damit es von dort aus wieder in den Kessel gespeist werden kann. Diese Niederschlagsleitung liegt in einem gemauerten Rohrkanal, welcher fast gradlinig entlang dem Heizhause aufserhalb desselben geführt ist.

Als Brennstoff dient lediglich Koks, der aus den auf dem Maschinenbahnhof selbst aufkommenden Lokomotivschlacken ausgesondert wird. Die Ausscheidung erfolgt durch einen Schlackenscheider (siehe Textabb.), der nach der spezifischen Gewichtstrennung mit Wasser arbeitet. Er war als fahrbare Anlage beschafft worden mit der Absicht, mit ihm der Reihe nach die Schlackenansammlungen der gröfseren Betriebswerke aufzuarbeiten. Er ist aber seit seiner Beschaffung, d. i. seit November 1925 allein dazu verwendet worden, die Brennstoffmengen für die Kesselanlage des Bahnbetriebswerkes Dresden-Altstadt zu liefern.

Im Kesselhaus, das an den vierten Lokomotivschuppen angebaut ist, sind zwei Grofswasserraumkessel von je 120 m² Heizfläche mit eingebauten Feuerröhren und Schüttrostfeuerung untergebracht, von denen im allgemeinen immer nur einer in Betrieb ist. Der in ihnen zur Verbrennung gelangte Scheidekoks hat einen mittleren Heizwert von 4646 kcal/kg. Der Wert dieses Brennstoffes errechnet sich daher unter Zugrundelegung eines Vergleichsbrennmaterials von einem Anschaffungspreis einschliefs-

lich Fracht bis Dresden von 23,70 RM/t und einem Heizwert von

$6416 \text{ kcal/kg zu } 23{,}70 \cdot \frac{4646}{6416} = 17{,}16 \text{ RM/t.}$

Demgegenüber wurden auf Grund der Unterlagen für das Rechnungsjahr 1926 die Betriebs- und Unterhaltungskosten der Scheideanlanlage zu . . . . 12574,44 RM ermittelt. Dazugeschlagen den Betrag, den man aus dem Verkauf des Scheidekoks als Schlacke (1 t = 1,50 RM) erzielt hätte, also 1120,714 t × 1,50 RM . . . . . . = 1681,10 RM demnach beliefen sich die Kosten des gewonnenen Scheidekoks

also auf rund: 14255,54 RM

oder auf nur $\frac{14255{,}54 \text{ RM}}{1120{,}714 \text{ t}} = 12{,}72 \text{ RM/t}$. Das Brennmaterial kommt also um 17,16 RM — 12,72 RM = 4,44 RM/t billiger zu stehen, als der Preis beträgt, der seinem Heizwert entspricht.

Zum Schlusse seien noch einige Angaben über die Baukosten des Werkstattgebäudes angeführt:

Aufgewendet wurden:

a)	für das Gebäude allein ohne Erdarbeiten .	301000 RM
b)	für die Erd- und Oberbauarbeiten innerhalb und aufserhalb des Bauwerks	40000 RM
c)	für die maschinen- und elektrotechnische Ausrüstung, d. i. Schiebebühne, Achssenke, Hebezeuge, Werkzeugmaschinen (zum gröfsten Teil alt), Heizung, Beleuchtung u. a. m. . . .	196000 RM
d)	für Dienstgutfrachten und Verwaltungskosten	22000 RM
	zusammen:	559000 RM

Es entfällt somit unter Zugrundelegung des Betrags unter a)

auf 1 m² bebaute Fläche ein Preis von rund . . 123 RM

auf 1 m³ überbauten Raum ein Preis von rund . . 12 RM

und bezogen auf den Gesamtaufwand

auf 1 m² bebaute Fläche ein Preis von rund . . 230 RM

auf 1 m³ überbauten Raum ein Preis von rund . . 22 RM

Fensterwischer für Lokomotiven.

Von Reichsbahnrat **H. v. Littrow**, Chemnitz.

Während man fast alle schnellfahrenden Fahrzeuge mit Fensterwischern ausgerüstet hat, ist hierin bei Dampflokomotiven bisher nur sehr wenig geschehen. Der Grund für diese auffallende Tatsache dürfte in zwei Umständen zu suchen sein: Erstens ist die Lokomotive das älteste aller schnellfahrenden Fahrzeuge; bei ihrer allmählichen Entwicklung zu immer gröfseren Leistungen und Geschwindigkeiten hat man sich daran gewöhnt, die von altersher vorhandenen Unbequemlichkeiten und Härten als etwas Unabänderliches hinzunehmen. Zum andern aber stehen der Konstruktion und Anbringung eines brauchbaren und unter allen Umständen sicher wirkenden Fensterwischers an Dampflokomotiven gewisse Schwierigkeiten entgegen: Die Fenster sind häufig vom Stande des Führers weit entfernt und oft nur schwer erreichbar; der Raum zwischen Seitenwand und Kessel ist eng, meistens mit platzraubenden Apparaten ausgefüllt und läfst daher nur knappsten Raum für Einbringung eines geeigneten Mechanismus, der aufserhalb des Fensterrahmens liegen und so angeordnet sein mufs, dafs er aus dem Bereiche des Fensters herausgeschwenkt werden kann, damit die Putzer das Fenster zu Reinigung bequem öffnen können; weiterhin sind die Fensterscheiben nicht selten sehr uneben und an dichtbenachbarten Stellen verschieden dick; das Führerhaus, und mit ihm der Fensterrahmen und die Scheibe, verziehen und verwinden sich stark unter dem Einflufs der Längs- und Seitenausdehnung des Kessels und der Bewegungen des ganzen Fahrzeuges; die Scheibe stellt keineswegs eine zur Längsachse des Fahrzeugs senkrecht stehende Platte dar, sondern weicht oft beträchtlich davon ab. Weiter ist noch in Betracht zu ziehen, dafs die Scheiben nicht nur von aufsen her durch Regentropfen und Schnee undurchsichtig werden, sondern sehr häufig auch von innen her durch Beschlagen. Ebenso störend und hartnäckig ist die Vereisung der Fensterscheiben, die im Winter, wenn auch im Flachlande nicht so häufig, doch in höheren Gebirgslagen mit starken Nebeln und Rauhfrösten zeitweilig zu den täglichen Erscheinungen gehört.

Ein Wischer, der diese Schwierigkeiten überwinden und stets sicher und zuverlässig wirken soll, mufs daher folgende Bedingungen erfüllen: Er mufs die Scheibe von beiden Seiten gleichzeitig packen; er mufs in seinen Teilen so beweglich und elastisch sein, dafs er sich auch schief stehenden und krummen Scheiben anschmiegen kann; er darf die Scheibe nicht auf Biegung beanspruchen, sondern stets nur pressen, damit bei dem zur Beseitigung von Eis notwendigen höheren Druck Bruchgefahr vermieden wird. Er soll nur beim Arbeiten an der Scheibe anliegen, in der Ruhelage aber freischwebend von ihr abstehen, damit nicht der Gummi dauernd gegen die Scheibe gedrückt und dadurch vorzeitig spröde und unbrauchbar wird, sowie auch, damit die durch die dauernd abtropfende Feuchtigkeit bewirkte selbsttätige Reinigung des Gummis nicht behindert wird. Es mufs weiter dafür gesorgt sein, dafs die Wischer in keiner Lage, weder bei der Betätigung noch beim Herausschwenken aus dem Gesichtskreis des Fensters, an dem Fensterrahmen anstofsen und an ihm beschädigt werden können. Bewegungsmechanismus und Lagerung müssen auf so geringem Durchmesser gehalten sein, dafs sie zwischen Kesselwand und Fenster, äufserstenfalls unter geringer Ausklinkung des Fensterrahmens für die Lagerung, eingeschmiegt werden können.

Vor Behandlung der Einzelheiten soll noch auf die bisher gebräuchlichen Fensterwischer und auf die Vorteile kurz eingegangen werden, die von einem die vorstehend genannten Bedingungen erfüllenden Fensterwischer zu erwarten sein dürften.

Die an anderen Fahrzeugen, z. B. elektrischen Lokomotiven und Triebwagen, bisher gebräuchlichen, grofsen und schweren Fensterwischer haben ihren Sitz in der Wand neben dem Fenster; sie können den Verwindungen des Wagenkastens und der Scheibe nicht genügend folgen und wischen daher häufig nur am äufseren oder inneren Ende oder nur in der Mitte. Krümmungen, Schlieren und Hohlstellen der Scheibe vermögen sie überhaupt nicht auszuwischen. Richtet man sie mit einer Feder in der Lagerung kräftig an die Scheibe an, so sind sie nur unter grofser Anstrengung zu bewegen und beanspruchen die Scheibe einseitig auf Biegung. Sie wischen zudem nur von aufsen, so dafs von innen jedesmal mit der Hand nachgewischt werden mufs, und können harte Schneekrusten und Eis nicht entfernen.

Sobald die Scheibe einer Dampflokomotive undurchsichtig wird, versucht der Lokomotivführer zunächst das Fenster, wenn es überhaupt erreichbar ist, zu öffnen und beiderseits abzuwischen. Hierbei schlägt ihm schon bei mäfsiger Geschwindigkeit ein mit Schnee und Regen vermischter Luftzug entgegen, der viel heftiger ist, als der, dem er sich bei seitlichem Hinauslehnen aussetzt, und der das Offenhalten der Augen für die Dauer des Abwischens meist zur Unmöglichkeit macht. Die zur Verfügung stehende Putzwolle ist fast immer etwas ölig und schmierig, so dafs die Scheibe beiderseits mit einem mit Putzwollfasern durchsetzten trüben Fetthauch bedeckt und die Durchsicht nicht in der wünschenswerten Weise verbessert wird. Dieses Abwischen ist auch bei den Lokomotiven, bei

denen das Fenster erreichbar ist, meist mit einer anstrengenden Reckung des Körpers über den vorstehenden Steuerbock hinweg verbunden und wird noch weiter durch die eingebauten Apparate behindert; es mufs trotzdem in kurzen Pausen, bei starkem Schneetreiben oft schon nach Bruchteilen von Minuten, immer und immer wiederholt werden und wirkt aufreibend und ermüdend. Die Lokomotivbeamten ziehen es infolgedessen vor, sich zur sicheren Beobachtung der Strecke seitlich zum Führerhause hinauszulehnen und sich dem anstürmenden Wetter preiszugeben. Man hat deshalb die meisten Lokomotiven aufsen mit schmalen seitlichen Windschutzscheiben ausgerüstet. Aber auch diese nützen nicht viel, sobald der Wind seitlich ansteht. Aufserdem beschlagen diese Scheiben auch selbst und müssen immer wieder abgewischt werden, wobei die Nässe beim Herumgreifen der Hand tief in den Ärmel hinauf eindringt. Das dauernde Hindurchsehen durch diese Scheiben zwingt zu einer seitlich gebückten, sehr unbequemen und ermüdenden Körperlage. Die Lokomotivbeamten legen sich daher mit Ellbogen

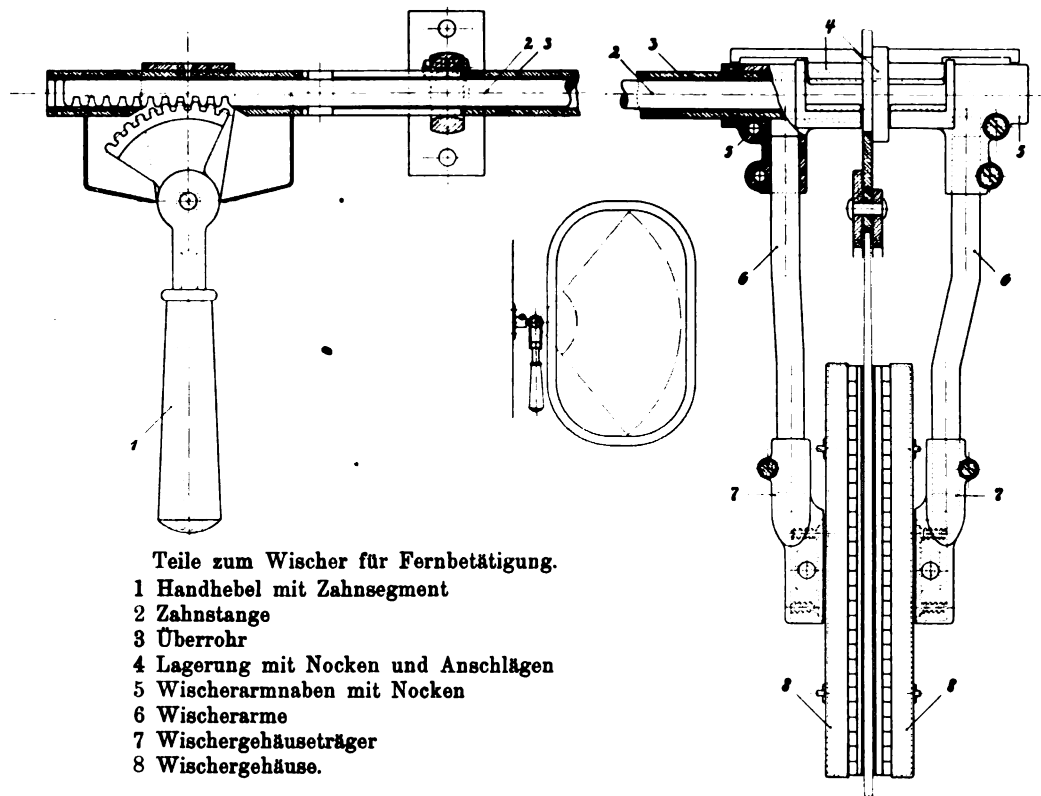


Abb. 1. Anordnung für Fernbetätigung und Befestigung an der Führerhausvorderwand und Feuerbuchswand.

und Hüfte auf die Fensterbrüstung auf, wobei ein Teil des Kopfes, Schulter und Arm der anstürmenden Nässe preisgegeben sind, und nicht selten — besonders in Kurven — auch von einem Strahl rufsgeschwärzten Wassers aus der überlaufenden Dachrinne getroffen werden. Schulter und Arm erleiden in der durchnäfsten Kleidung eine durch die Verdunstung in dem scharfen Luftzug vervielfachte, bei rheumatisch Veranlagten mitunter bis zur Schmerzempfindung gesteigerte, heftige Abkühlung. In diesen Umständen ist wohl der Grund für die häufigsten Berufskrankheiten der Lokomotivbeamten, das Gesichtsreifsen und den Schulterrheumatismus zu suchen, der bei den Führern vorzugsweise rechts, bei den Heizern links aufzutreten pflegt. Auch die so häufig vorkommenden Verletzungen des Auges durch Fremdkörper sind hauptsächlich durch das Hinauslehnen aus dem Fenster bedingt. So darf wohl von einer Vorrichtung, die stetig klare Sicht durch das Fenster hindurch gewährleistet, erwartet werden, dafs sie erstens die Betriebssicherheit zu erhöhen vermag, zweitens Ersparnisse im Betriebe durch Einschränkung der Krankenziffern und durch längere Dienstbrauchbarkeit der Lokomotivbeamten bringen und drittens eine Wohltat für diese darstellen wird, weil sie sie von dem steten, nervenzerquälenden Kampf mit der Behinderung in der Streckenbeobachtung befreit.

Die Fensterwischer, von denen bisher über 1000 Stück bei der Deutschen Reichsbahn, insbesondere an elektrischen Lokomotiven und Triebwagen der Gruppenverwaltung Bayern, neuerdings auch bei den Österreichischen Bundesbahnen in Benutzung sind, werden in zwei Ausführungen hergestellt*).

Die für Dampflokomotiven mit schwer zugänglichem Fenster bestimmte Vorrichtung (s. Abb. 1 »Anordnung für Fernbetätigung«) besteht im wesentlichen aus zwei die Scheibe von beiden Seiten gleichzeitig überstreichenden Wischern 8 die in ihrer Mitte von Armen 6 gefafst sind, von denen der äufsere auf einem Rundeisen 2, der innere auf einem dieses umfassenden Überrohr 3 festgeklemmt ist. Das Rundeisen ist im Überrohr in der Längsrichtung verschiebbar, desgleichen das Überrohr in seinen beiden Lagerungen, von denen die vordere 4 in der Führerhausvorderwand, die hintere am Langkessel oder der Führerhausseitenwand sitzt. Stange und Überrohr sind an dem den Wischern entgegengesetzten Ende durch einen einfachen Hebel oder Kniehebel oder gezahnten Hebel 1 derart gelenkig miteinander verbunden, dafs sie bei dessen Vor- oder Rückwärtsbewegung ineinander verschoben werden, bei seiner Drehung um die Längsachse aber dessen Drehung mitmachen müssen. Die Vorrichtung ist entweder an der Kesselwand oder, falls die Schiebefenster dies gestatten, an der Innenseite der Führerhausseitenwand oder auch an dem Führerhausdache parallel zur Fahrtrichtung so gelagert, dafs die vordere Führerhauswand zwischen den Wischern liegt, und dafs die Drehachse sich aufserhalb des Fensters und dessen Umrahmung befindet. Das Fenster kann daher bei Ruhestellung der Vorrichtung, bei welcher die Wischer senkrecht nach unten oder oben stehen, jederzeit geöffnet werden, ganz gleichgültig, ob es beim Öffnen um seitliche Angeln oder um Mittelzapfen zu drehen ist, oder ob es gar einen Bestandteil einer auf das Umlaufblech führenden Austrittstür bildet. Zur Betätigung wird der Hebel aus der Ruhelage soweit herausgedreht, dafs die zu ihm parallel liegenden Wischer vor das Fenster zu stehen kommen; wird dann der Hebel angezogen, so werden beide Wischer gegen das Fenster geprefst, und es wird durch weiteres Drehen des Hebels in angezogenem Zustand das Fenster von den Wischern mit beliebig starkem Druck überstrichen und gereinigt. Zur einfachen Reinigung von Beschlag, Regen, Schmutz oder Schnee genügt also eine einzige Handbewegung.

Zur Beseitigung von Eis kann starker Druck durch kräftiges Ziehen am Hebel unbedenklich ausgeübt werden, weil die Wischer, je nach Anordnung des Hebels, stets mit gleichem

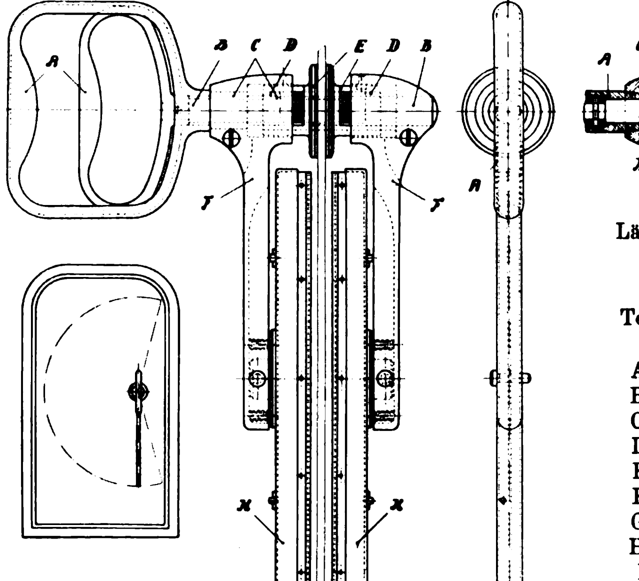
*) Deutsches Reichspatent und Auslandspatente. Anfertigung durch die Firma Harsowerk, Wiesbaden-Biebrich a. Rh., Rheingaustrasse 42.

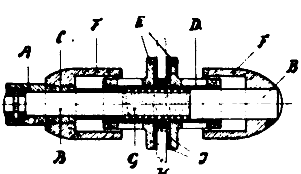
oder annähernd gleichem Druck gegen die Scheibe geprefst werden, und die Scheibe daher stets nur eine beiderseitige Pressung erleidet, nicht aber einseitig auf Biegung beansprucht wird. Eine leicht einstellbare Verblockung, die an der vorderen Lagerung angebracht ist, begrenzt den Hub der Wischer in der Längs- und in der Drehrichtung und macht es unmöglich, die Wischer aufeinander zu zu bewegen, solange sie nicht voll vor den Fensterscheiben stehen; sie hält die Wischer dadurch in jeder Lage von dem Fensterrahmen fern und verhindert, dafs sie an ihm verletzt werden. Die Wischer werden von den Armen mit ganz geringem, durch kräftige Federn reguliertem Spiel in ihrer Mitte gefafst; dadurch wird erreicht, dafs sie sich auch unebenen oder schief stehenden Fensterscheiben tadellos anpassen.

Der Wischer selbst (Abb. 3) besteht aus einem allseitig geschlossenen, gegen Eindringen von Schmutz gesicherten länglichen Messingblechkasten a, der auf einer Seite Messingzähne c trägt, die auf Gummi d elastisch gelagert sind und seitliche Nasen tragen, mit denen sie in einer Längsnut der Scheidewand b festgehalten werden, während sich auf der anderen Seite des Kastens eine in Messingblech gefafste Gummiplatte e befindet, die mit Blattfedern f hinterlegt ist. Bei mäfsig starkem Druck am Hebel kommt nur die von den Blattfedern überall gleichmäfsig angedrückte Gummiplatte zur Anlage an der Fensterscheibe; bei kräftigerem Druck am Hebel jedoch tritt die Gummiplatte, unter Zusammendrückung der Blattfedern, bis in die Ebene der Messingzähne zurück, so dafs letztere etwa vorhandenes Eis fassen und absprengen können. Hierdurch ist sichere Entfernung auch von Eiskrusten gewährleistet. Der Gummi besteht aus einer um ihre Mitte umgebogenen Platte, die mit Hilfe eines eingelegten Messingdrahtes und davorgeschlagener Stifte unter sorgfältiger Verkittung in ihrer Messingfassung gehalten wird; die beiden Kanten sind fein zugeschärft, damit sie bei möglichst geringer Reibung am Glase doch saugend in jede Vertiefung der oft krummen und mit Schlieren durchsetzten Scheiben eindringen können. Der Gummi hält jahrelang, wenn nur beim Anbringen von vornherein darauf geachtet wird, dafs ihm nicht durch zu dichtes Anliegen des Wischerkastens am Kessel zu viel Wärme zugeführt wird, die ihn vorzeitig spröde machen könnte. Auch müssen etwaige, zum Schmieren von Steuerungsteilen dienende Ausschnitte in den Umlaufblechen mit Klappen soweit abgedeckt sein, dafs nicht gröfsere Mengen Öl von den Rädern gegen die Fenster geschleudert werden. Alle Teile des Wischerkastens sind lehrenhaltig und auswechselbar. Wo Eiskratzer wegen des Klimas nicht nötig erscheinen, können schmälere nur mit Gummieinsätzen versehene Wischerkästen gewählt werden.

Die Einzelteile sind so ausgeführt, dafs sie für jede Lokomotivgattung in gleicher Form verwendet werden können. Nur die Länge des Wischergehäuses, der Rundeisenarme und des Steuergestänges mufs, je nach Lage und Breite des Fensters und seiner Entfernung vom Stande des Lokomotivführers, für einzelne Lokomotivgattungen verschieden gewählt werden. Wenn Fernbetätigung nicht nötig ist, kann das Steuergestänge ganz kurz gehalten und die hintere Lagerung weggelassen, oder es kann auch die Anordnung nach Abb. 2 angewendet werden.

Die leichtere Ausführung (Abb. 2) wurde auf Anregung des Reichsbahn-Zentralamtes für elektrische Lokomotiven derart entworfen, dafs sie in einem in die Glasscheibe zu schleifenden Loch unmittelbar oder mit Hilfe einer davorliegenden Stützplatte zu befestigen ist. Die Wirkungsweise ist die gleiche wie bei Abb. 1. Jedoch ist der Betätigungshebel durch zwei ineinander gleitende Bügel A ersetzt. Ein Lagerrohr D, an beiden Enden mit gleichsinnigem, aber verschiedene Steigung aufweisendem Gewinde versehen, wird unter Beilegung von druckverteilenden Gummi- oder Klingeritplatten J, durch zwei Gewindeflanschen E in der Bohrung der Scheibe festgeschraubt. Diese Gewindeflanschen tragen in ihren Hälsen über einen Teil des Umfanges Ausschnitte, in welche Stifte eingreifen, die in den glockenförmig ausgebildeten Naben der Wischerarme F sitzen. Diese Stifte begrenzen den Hub der Wischer sowohl in axialer Richtung wie in der Drehrichtung. Die Ausschnitte in den Hälsen der Gewindeflanschen sind an den äufseren Ecken mit Rasten versehen, in die die Stifte unter dem Druck einer zwischen die Spindel B und das Überrohr C geschalteten Feder G sich einlegen und dadurch die Wischer in den Endlagen stets derart festhalten, dafs die Gummiplatten frei von der Scheibe abstehen. Sie würden hart und brüchig werden, wenn sie dauernd unter Druck an der Scheibe anlägen.





Längsschnitt durch die Lagerung.

Teile zum Wischer für Nahbetätigung.
A Bügelgriffe
B Spindel
C Überrohr
D Lagerrohr
E Gewindeflanschen
F Wischerarme
G Feder
H Gummiring
I Gummischeiben
K Wischergehäuse

Abb. 2. Anordnung für Nahbetätigung und Befestigung im Glas oder an einer Stützplatte.

Voraussetzung für dauernd gutes Arbeiten und für Sicherheit gegen Bruch der Scheibe ist bei dieser Ausführung sorgfältige Anbringung des Wischers und sorgfältiger Schliff der Bohrung in der Scheibe. Gutes Spiegelglas von 6 bis 8 mm Stärke genügt. Schalenförmige Absplitterungen an der Bohrung, wie sie bei Verwendung von Kronenbohrern leicht vorkommen, müssen unbedingt vermieden werden; die Gewindeflanschen der Lagerung finden sonst keine ebene Auflage und üben, sobald sie angezogen werden, auf einzelne Punkte der Scheibe einen ganz ungleichmäfsigen Druck aus, der leicht zum Bruche führen kann. Auch kann dabei die Lagerhülse so verzogen werden, dafs der Wischer klemmt. Man verwendet daher, wo geübte Arbeiter nicht zur Verfügung stehen, zur Herstellung der Bohrung am zweckmäfsigsten das Schleifverfahren mittels einer biegsamen Welle und kegelförmiger Schleifscheiben.

Soll schwächeres oder geringeres Glas verwendet werden, so empfiehlt es sich, zur Entlastung der Scheibe eine am Fensterrahmen angeschraubte Stützplatte zu verwenden. Diese kann entweder in einem Seitenausschnitt der Scheibe liegen, wobei die Fuge mit Kitt oder Gummidichtung ausgefüllt und mit dünnem federnden Messingblech abgedeckt wird; oder sie kann auch, um den Seitenausschnitt zu vermeiden, der in der Herstellung etwas teurer und bei Ersatz der Scheibe nur mit

einer gewissen Umständlichkeit wieder genau so anzubringen ist, auf der Innenseite der Scheibe angebracht werden, wobei ein aufgelöteter Eisenring durch eine Bohrung der Scheibe hindurchgreift und als Unterlage für den äufseren Gewindeflansch dient.

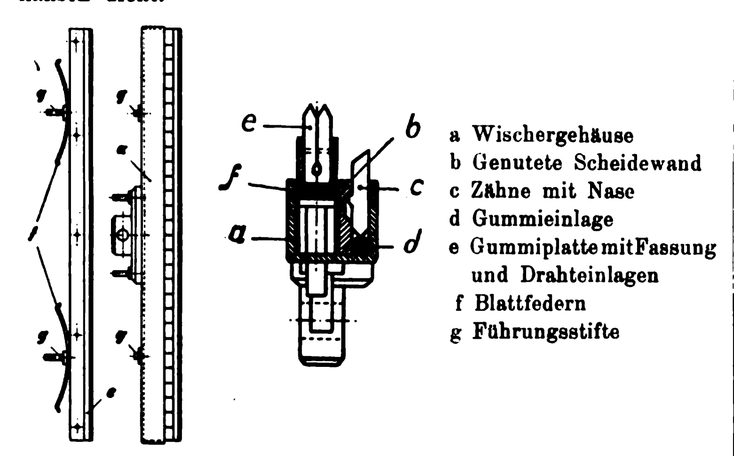


Abb. 3. Teile zum Wischergehäuse.

Der Fensterwischer nach Abb. 2 wird zweckmäfsig in Längen von 15 bis 25 cm gebaut. Er schafft mit seinem Ausschlagwinkel von 220° ein Gesichtsfeld in Form eines Kreisausschnittes von 30 bis 50 cm Durchmesser. Auf die Gröfse kommt es, wie die Erfahrung gezeigt hat, bei richtig gewählter Höhenlage im allgemeinen wenig an, da der Lokomotivführer infolge der Bewegung des Fahrzeuges seine Lage zum ausgewischten Gesichtsfeld ständig ein wenig verändert, so dafs der Ausblick auf die Strecke stets genügend grofs ist. Der kleinere Durchmesser hat den Vorteil, dafs der Druck auf den einzelnen Zahn gröfser ist und daher auch stärkere Eisschichten leichter beseitigt werden können. Will man, etwa in Gebirgsgegenden mit sehr starker Rauhfrost- und Eisbildung, auf den gröfseren Durchmesser nicht verzichten, so können die Zähne der Mittellage auf 10 bis 12 cm Breite um etwa 1 mm höher hergestellt werden, wodurch sie einen höheren Druck erhalten und einen Kreisring von entsprechender Breite mit Sicherheit auch von starker Eisablagerung befreien.

Auch in den Zugführerabteilen der Gepäckwagen können Fensterwischer nach Abb. 2 nützliche Dienste leisten. Die Fenster können während der Fahrt nicht geöffnet und abgewischt werden, da der Luftzug die grofse Menge der zum Sortieren aufgeschichteten Papiere durcheinander wirbeln würde. Vor allem im Winter benimmt die starke Eisbildung, die wegen der Innenheizung schon bei mäfsiger Kälte auftritt, den Ausblick oft gänzlich und macht es dem Zugführer unmöglich, die Signale mit zu beobachten, aufsergewöhnliche Geschwindigkeitsverminderungen dem Grunde nach festzustellen und sich bei der Durchfahrt durch Bahnhöfe vorschriftsmäfsig zu überzeugen, ob Kreuzungen und Überholungen planmäfsig stattfinden.

Schliefslich wird auch an vielen Kranen mit verglastem Führerstand, vor allem im Winter, ein Fensterwischer sichereres und rascheres Anheben und Absetzen der Last ermöglichen und damit die Sicherheit und Geschwindigkeit des Betriebes verbessern und ihn verbilligen.

Werkstofftagung Berlin 1927.

Die Notwendigkeit, während der Kriegszeit und den ihr folgenden Jahren in vielen Fällen Ersatzstoffe zur Erzeugung von Wirtschaftsgütern verwenden zu müssen, hatte in die gesamte deutsche Stoffbewirtschaftung eine gewisse Unsicherheit über die Gütewerte der Werkstoffe hineingetragen. Andererseits hatten die hohen Anforderungen, die das mannigfaltige Kriegsgerät an die erzeugende Werkindustrie stellte, diese auch zu hohen Leistungen angespornt. Es war bekannt, dafs hochwertige Werkstoffe für Bauteile höchster Beanspruchung in bestimmten Mengen und zu erhöhten Preisen erhältlich waren; es war aber im allgemeinen weniger bekannt, dafs die deutsche Hüttenindustrie für Eisen und Nichteisen sich auch auf die Massenerzeugung von Qualitätsware umgestellt hatte. Nach dem Kriege spielten die Anforderungen der Landesverteidigung an die Werkstofferzeugung nur noch eine untergeordnete Rolle. An ihre Stelle traten besonders die Belange der Verkehrsbetriebe als treibende Kräfte, so der Luftverkehr, das Automobil- und Eisenbahnwesen, mit Werkstoffanforderungen, die denen des Waffenwesens kaum nachstanden. Der Druck der ungünstigen Wirtschaftslage hatte auch den allgemeinen Maschinenbau für seine Konstruktionen auf den gleichen Weg verwiesen, nur hochwertigen Werkstoff zu verwenden, um die Einheit der Energie mit einem Mindestbetrag von Gewicht erzeugen oder übertragen zu können, und um die Unterhaltungskosten der Maschinen, soweit sie als Löhne in Erscheinung treten, niedrig zu halten. Ähnlich lagen die Verhältnisse im Eisen- und Schiffbau und im Bau landwirtschaftlicher Maschinen, deren Verwendung eine beträchtliche Steigerung erfahren hat.

So ist es zu verstehen, dafs zuerst in den Kreisen der Erzeuger des Werkstoffs das Verlangen entstand, durch eine durchgreifende Veranstaltung ihrer Kundschaft im In- und Ausland den hohen Stand der Werkstoffbeschaffenheit vor Augen zu führen und zu zeigen, welche hohen Gütewerte aus den einzelnen Stoffsorten bei richtiger Behandlung herauszuholen sind. Es hätte zu einer Halbheit geführt, wenn die Erzeugerkreise allein vorgegangen wären. Denn letzten Endes sind es die Verarbeiter der Werkstoffe und die Verbraucher der Fertigware, die Ansprüche an den Werkstoff stellen und diese formulieren müssen. Es war daher eine glückliche Entschliefsung beider Teile, Erzeuger und Verbraucher der Werkstoffe, sich zusammen zu tun, um die grofse Veranstaltung der Werkstofftagung in Berlin vom 22. Oktober bis 13. November ins Leben zu rufen und hierbei eine vorzügliche Gelegenheit für beide Teile zu schaffen, sich in ihren Belangen zu verstehen und deren Erfüllbarkeit auch auf die wirtschaftlichen Auswirkungen hin zu prüfen. Man könnte fragen, bot hierzu nicht das Zusammenarbeiten in zehnjähriger deutscher Normenarbeit genügend Raum und Zeit? Die Erfahrung sagt nein, einmal wegen der Hemmnisse mancherlei Art, die die Einführung der Normen in die Praxis findet, sodann weil es sich gerade bei den hochwertigsten Werkstoffen um solche handelt, die bisher aufserhalb der Normung stehen. Darum erhält die einmalige Werkstofftagung 1927 eine überragende Bedeutung gegenüber den mehrjährigen Arbeiten der Werkstoffnormung, deren Ergebnisse selbstverständlich auch in gebührender Weise in der Werkstoffschau zur Darstellung gebracht worden sind.

Als Träger der Veranstaltung erscheinen der Verein Deutscher Ingenieure, der Verein Deutscher Eisenhüttenleute, die Deutsche Gesellschaft für Metallkunde und der Zentralverband der deutschen elektrotechnischen Industrie. Zahlreiche andere technische Verbände waren eingeladen, ihre Jahresversammlung in die Zeit der Werkstofftagung zu verlegen und haben diese wirksam unterstützt. Die Stadt Berlin stellte ihre grofsen Ausstellungshallen am Kaiserdamm für die Werkstoffschau und Prüfschau, die Technische Hochschule in Charlottenburg, ihre Aula und grofsen Hörsäle für die Vorträge zur Verfügung. Damit sind die beiden Mittel, mit denen die Veranstalter ihren Zweck erreichen wollten, bezeichnet. Es kann nicht der Zweck des vorliegenden Berichts sein, ein-

gehend die Werkstoffschau der Ausstellung zu beschreiben, oder den Inhalt von rund 200 Vorträgen wiederzugeben. Eine rührige und vornehme Werbearbeit hat dafür gesorgt, dafs der Besuch der Veranstaltung ein sehr grofser war und dafs jeder Besucher in zwei Druckschriften einen Führer durch die Ausstellung und durch die Vorträge erhielt. Ich darf mich daher auf einige allgemeine Bemerkungen über die Tagung und ihren bleibenden Wert beschränken.

Die ausgestellten Werkstoffe der Gruppen Eisen, Nichteisenmetalle und der Elektrotechnik boten eine Übersicht alles dessen, was in den verschiedentlichen Zweigen der ganzen Technik, von den Stätten der Heimarbeit bis zu den Werkstätten der Grofsbetriebe, verarbeitet wird. Sicherlich wird mancher Besucher von der Gröfse des Verwendungsgebietes der Nichteisenmetalle überrascht gewesen sein. Für viele Wirtschaftserzeugnisse ist der Werdegang der Fertigung vom Gufsblock bis zum fertigen Stück gezeigt worden, u. a. für Schiene, Schwelle, nahtloses Rohr. Die Formgebung der Werkstoffe auf kaltem und warmem Wege wurde erläutert und Beispiele falscher und richtiger Behandlung gegenübergestellt. Die Wirkung der Wärmebehandlung auf den Werkstoff zeigten wohlgeordnete Proben und anschauliche Gefügebilder, das geeignete Gerät, die Öfen verschiedenster Bauart für Härten, Einsatzhärten, Nitrieren usw. wurden im Betrieb vorgeführt, die Schweifsbarkeit der Werkstoffe und ihre Verwertung an einer Reihe fertiger Schweifsarbeiten gezeigt. Die Darstellung von Betriebsschäden, hervorgerufen durch äufseren Angriff mechanischer und chemischer Art, Dauerbruch, Rostangriff, Angriff von Gasen und Säuren fand aufmerksame Augen, ebenso die Mafsnahmen ihrer Verhütung.

Mit gleicher Sorgfalt wie die Werkstoffschau war die Übersicht über die Prüfverfahren für die Werkstoffe der Technik aufgebaut. Die gröfsere Hälfte der ganzen Halle war zu einem grofsen Laboratorium für chemische, physikalische, mechanische, technologische, metallographische und röntgenographische Prüfung ausgebaut. Nicht nur die genormten Geräte, sondern auch eine grofse Zahl Vorrichtungen neuerer Art, z. B. die für die Prüfung der Ermüdungsfestigkeit und des Abnutzungswiderstands, Rundblickfernrohre für Rohre, wurden im Betrieb vorgeführt und damit aller Welt gezeigt, dafs die deutsche Technik über die schärfsten Waffen verfügt, um sich Gewifsheit über die Beschaffenheit ihrer Werkstoffe zu verschaffen, sie auf Herz und Nieren prüfen zu können. Eine Sammlung Raumgittermodelle zeigt den Stand der Werkstofflehre über den Atomaufbau. Geräuschvoller arbeitete das Prüffeld für Isolierteile mit seiner 1 Million-Volt Gleichstromanlage.

Von den Vorträgen ist zu sagen, dafs das ganze Gebiet neuzeitlicher Werkstoffkunde und Werkstoffprüfung von fachkundiger Seite behandelt wurde und dafs hinsichtlich Anforderungen und Erfüllbarkeit derselben Erzeuger, Verarbeiter und Verbraucher zu Worte kamen und in der Aussprache sich offenherzig die Meinung sagten, wie es im Sinne der Veranstaltung gelegen war. Wie ein roter Faden zog durch alle Diskussionen ein Leitgedanke, dafs der Erfolg aller Konstruktionsarbeit und wirtschaftlichen Beschaffungen sichergestellt ist, wenn zwischen Gestalter, Werkstofferzeuger und Verarbeiter in allen schwierigen Fällen rechtzeitig Benehmen über Sortenwahl, Einflufs der Form auf die Verarbeitung, Formgebung usw. stattfindet und, wenn besonders die Lieferbedingungen, Normenvorschriften in gemeinsamer Arbeit der beteiligten Kreise zustande kommen. Das Erleben dieser Auffassung ist der bleibende Wert der Tagung für den Besucher. Fachvertreter des Auslands haben sich zahlreich zum Besuch der Ausstellung und der Vorträge eingefunden. Aus der Unterhaltung mit ihnen war zu erkennen, dafs sie der Veranstaltung und damit der deutschen Industrie volle Anerkennung zollten.

Was hinterläfst nun die Werkstofftagung dem deutschen Ingenieur und Unternehmer, der an ihrem Besuch verhindert war? Ein grofser Teil der Vorträge gelangt in den Fachzeitschriften für das betreffende Arbeitsgebiet ungekürzt zum Abdruck. Die Gruppe Stahl und Eisen hat im Verlag Stahleisen m. b. H. Düsseldorf einen Führer durch die Vorträge ihrer Gruppe (zum Preise von 75 Pf.) herausgegeben, der eine gute Inhaltsübersicht bietet. Der Niederschlag der Veranstaltung ist in dem von beiden Gruppen, Eisen und Nichteisenmetalle, herausgegebenen Werkstoffhandbuch, einer Sammlung von Blättern, die den Eigenschaften der einzelnen Werkstoffe und den verschiedenen Prüfverfahren gewidmet sind, die nach Bedarf ergänzt und berichtigt werden, zu erblicken. Seine Beschaffung ist zu empfehlen. Es steht zu hoffen, dafs auch in der späteren Entwicklung des grofsen Sammelwerks, Werkstoffhandbuch, der Gedanke der Fruchtbarkeit gemeinsamer Arbeit der erzeugenden und verbrauchenden Industrie in Werkstoffragen zu verspüren ist.

Füchsel.

Eine drei- und viergleisige Strecke mit in beiden Richtungen befahrenen Gleisen.

Von Geh. Regierungsrat **Wernekke**, Berlin-Zehlendorf.

Bei den grofsen Entfernungen zwischen den Bahnhöfen und Ausweichestellen in den Vereinigten Staaten hat das Überholen langsam fahrender Züge, also im wesentlichen der Güterzüge, durch Personen- und Schnellzüge mit höherer Fahrgeschwindigkeit eine weit höhere Bedeutung als in Europa mit seinem viel engeren Eisenbahnnetz. Es ist daher dort nichts ganz Ungewöhnliches, dafs man von der Vorschrift des Rechtsfahrens abweicht und einen auf dem rechten Gleis verkehrenden Zug durch einen anderen auf dem unrechten, das eigentlich dem Verkehr in der Gegenrichtung dient, überholen läfst. Bei dem in Amerika weit verbreiteten Verfahren, den Zugverkehr von einer Stelle aus zu leiten — train dispatching — bedarf es dazu besonderer Anordnungen des den Zugverkehr leitenden Beamten; einige Eisenbahnen haben aber neuerdings einzelne Gleise mehrgleisiger Strecken so mit Signalen ausgestattet, dafs die Signale für beide Fahrtrichtungen benutzt werden können, so dafs es keiner besonderen Anordnungen für den Verkehr der Züge auf dem unrechten Gleis bedarf, diese Züge vielmehr in beiden Richtungen durch die zugehörigen Signale in ihrem Lauf gesichert werden.

Bei der Cleveland-Cincinnati-Chicago und St. Louis-Eisenbahn verkehren schon seit Jahren die Personenzüge und die schnellfahrenden Güterzüge auf einer zweigleisigen Strecke im unrechten Gleis, um die langsamer fahrenden Güterzüge zu überholen, ohne dafs diese schweren Züge gezwungen werden, zum Halten zu kommen. Auf der Burlington und Quincy-Eisenbahn besteht eine solche Einrichtung auf einer 200 km langen Strecke, die Illinois Central-Eisenbahn hat 30 km einer zweigleisigen Strecke so mit Signalen ausgestattet, dafs ihre Gleise als zwei nebeneinander herlaufende Gleise von zwei eingleisigen Strecken betrieben werden können, und die Missouri Pacific-Eisenbahn richtet eine Strecke, die sie zweigleisig ausbaut, für diese Betriebsart ein, indem sie neue Lichtsignale für Rechtsverkehr aufstellt und die alten Armsignale für den Verkehr auf unrechtem Gleis gelten läfst. Bei der Burlington- und bei der Illinois Central-Eisenbahn sind auf dreigleisigen Strecken je das mittlere Gleis für den Verkehr in beiden Richtungen bestimmt und entsprechend mit Signalen ausgerüstet, und bei der New York Central-Eisenbahn wird ein Gleis der viergleisigen Strecke an der Einfahrt in ihren Endbahnhof in dieser Weise

betrieben. Bei der Chesapeake und Ohio-Eisenbahn betreibt man neuerdings sogar alle drei Gleise einer dreigleisigen Strecke so, dafs die Züge auf jedem in beiden Richtungen fahren und hat dabei auch noch einige Besonderheiten der Signalgebung eingeführt, auf die nachstehend kurz eingegangen werden soll.

Die fragliche Strecke ist etwa 16 km lang; auf ihr verkehren täglich 70 Güterzüge und 18 Personenzüge, dazu noch eine Anzahl leerfahrende Lokomotiven. Sie führt durch die Stadt Ashland; da aber deren Bahnhof die Züge häufig nicht aufnehmen konnte, kamen sie auf der Strecke zum Halten und versperrten dadurch einige von den 20 schienengleichen Strafsenkreuzungen in der Stadt. Um für diese Verhältnisse Abhilfe zu schaffen, wurde die Strecke derart viergleisig ausgebaut, dafs zwei Gleise, dem Güterverkehr dienend, nördlich um die Stadt herumgeführt wurden. Die beiden alten Gleise nehmen nur noch den Verkehr der Personenzüge auf. Den Übergang von der zweigleisigen zur viergleisigen Anlage bildet an beiden Enden eine dreigleisige Strecke. Auf der einen von diesen gilt als Regel, dafs zwei Gleise für den Personenverkehr vorbehalten bleiben, während das dritte die Güterzüge aufnimmt. Auf der anderen dreigleisigen Strecke fahren die Personenzüge in beiden Richtungen auf dem mittleren Gleis, während die beiden äufseren von den Güterzügen befahren werden. Alle Gleise sind aber so mit Signalen ausgestattet, dafs diese mit ihren Lichtern — es sind Lichtsignale gewählt worden — den Verkehr in beiden Richtungen sichern können. Dazu waren auf der 16 km langen Strecke mit ihren 47 km Gleis 85 Lichtsignale nötig.

Die Gleisanlagen waren etwa ein Jahr fertiggestellt, ehe die neuen Signaleinrichtungen in Betrieb genommen werden konnten. Ein Vergleich des Zugverkehrs vor und nach der Inbetriebnahme der Signale zeigt, dafs die Betriebsverhältnisse sehr erheblich verbessert worden sind. Die Züge verkehren mit gröfserer Regelmäfsigkeit, die Gefahr von Unfällen ist verringert, an Betriebskosten wird gespart, und Eingriffe des Zugleitungsbeamten sind seltener nötig als vorher.

Die Lichtsignale bestehen aus zwei übereinanderstehenden Lichtern, zu denen bei einigen noch eine Nummerntafel darunter kommt. Als Signalfarben sind rot, gelb und grün gewählt. Die Signalbilder und der Befehl, den sie übermitteln sollen, entsprechen den Regeln der Amerikanischen Eisenbahnvereinigung; nach unseren Begriffen erscheinen sie etwas verwickelt. Es bedeutet: zwei rote Lichter: Halt! — ein rotes Licht über einem gelben: langsam weiter fahren, sodafs der Zug jederzeit zum Halten gebracht werden kann; — ein rotes Licht über einem grünen: weiterfahren mit verringerter Geschwindigkeit. Gelbes Licht über rotem dient als Vorsignal bei auf Halt stehendem Hauptsignal, grünes Licht über rotem oder grünes Licht allein, dann aber mit einer Nummertafel darunter, als Signal für freie Fahrt. Zeigt sich unter dem doppelten oder einfachen roten Licht eine Nummertafel, so darf weiter gefahren werden, nachdem der Zug vorher zum Halten gebracht worden ist. Diese uns etwas unklar anmutenden Signalbilder sind nach amerikanischer Ansicht einfacher als die älteren Armsignale, sie sollen leichter verständlich sein und die Gewähr für glatte Abwickelung des Verkehrs bieten. Neben den genannten Signalen mit zwei farbigen Lichtern, die an höheren Masten angebracht oder an Gleisbrücken angehängt sind, sind noch niedrige Signale mit nur einem Licht vorhanden, bei denen rot Halt bedeutet, grün die Erlaubnis, langsam weiter zu fahren erteilt; diese Signale werden an den Stellen verwendet, wo mit ihnen keine Weichen in Verbindung stehen.

Schon vor mehreren Jahren hat die Chesapeake und Ohio-Eisenbahn eine Signalanlage für Betrieb in beiden Richtungen auf einem Gleis entwickelt, die sie auf einer 120 km langen Strecke angewendet hat. Dort hat sie Wechselstrom, der in einem Generator mit Handantrieb erzeugt wurde, angewendet, während sie in dem hier beschriebenen Fall teilweise mit Gleichstrom von 30 Volt Spannung arbeitet.

Im früheren Zustand kam es etwa 150 mal im Monat vor, dafs Züge von der üblichen Fahrrichtung abweichen mufsten; sie wurden bei den damals gebrauchten Armsignalen nur durch die Befehle des zugleitenden Beamten gegen feindliche Fahrten gesichert. Im August 1926 wurden auf dem mittleren Gleis der einen dreigleisigen Strecke 210 Züge in unrechter Richtung gefahren, ohne dafs es dazu besonderer Anordnungen bedurft hätte, und unter regelrechter Deckung durch Signale. Es ist also durch die neue Anlage nicht nur eine Vermehrung der Zugzahl möglich geworden, sondern auch die Sicherheit des Betriebes ist erhöht worden.

Der Strom zum Betrieb der Signalanlagen wird zum Teil aus einem bahneigenen Werk, zum Teil aus einem benachbarten fremden Werk bezogen; er dient unter anderem zum Antrieb von zwei Drucklufterzeugern von je 0,3 m^3 Fassungsraum, die abwechselnd arbeiten; ihr Motor wird selbsttätig eingeschaltet, wenn der Druck unter 3,2 at fällt, und selbsttätig ausgeschaltet, wenn er über 4,2 at steigt. Jeder Drucklufterzeuger arbeitet in Pausen von drei Stunden, ein Zeichen dafür, dafs der Luftverbrauch gering und die Leitungen ohne Undichtheiten sind. Die Luftleitungen nach den Weichen sind auf Betonstützen oberirdisch verlegt. Diese Stützen tragen auch einen Draht, an den die nach den Weichen führenden Kabel angehängt sind; nur das kurze Stück Kabel, das von dieser Leitung quer zum Gleis an die Weiche führt, verläuft unterirdisch. Durch diese Art, die Leitungen zu verlegen, hat man erheblich an Baukosten gespart. Die Leitungen können aufserdem bequem überwacht werden. Die Anordnung hat sich nach mehrjährigem Gebrauch bewährt. Die ganze Anlage hat, im Eigenbetrieb der Eisenbahngesellschaft eingebaut, etwa 300000 Dollar gekostet. Sie hat sich als so zweckmäfsig erwiesen, dafs die Baupläne für die nächste Zeit die Ausdehnung der vorstehend geschilderten Betriebsart und der zu ihrer Ermöglichung nötigen Anlagen auf andere Strecken vorsehen.

Der elektrische Betrieb der Natalstrecke der Südafrikanischen Regierungsbahnen.

Von **Alfred Marschall.**

Die Hauptverkehrsader Natals dient zur Verbindung des am Indischen Ozean gelegenen Hafens Durban mit der Landeshauptstadt Pieter-Maritzburg und zahlreichen landeinwärts gelegenen Orten des Landes, unter denen Ladysmith und Glencoe die bekanntesten sind. Die Bahnstrecke ist schon seit vielen Jahren im Betrieb und wird hauptsächlich für den Abtransport der in grofsen Mengen geschürften Mineralien, Gold, Kohle, auch Eisen und Kupfer, benutzt.

In den letzten Jahren erwies sich jedoch die Leistungsfähigkeit der Bahn als nicht mehr den Verkehrsanforderungen gewachsen, so dafs die Landesregierung sich zu einer erheblichen Verkehrsvergröfserung entschliefsen mufste. Die Elektrisierung der gesamten Hauptstrecke Durban—Vryheid (vergl. Abb. 1) versprach hierfür Abhilfe zu schaffen. In den Jahren 1922 bis 1925 ist nun der elektrische Betrieb soweit eingeführt worden, dafs z. Z. der Abschnitt Pieter-Maritzburg—Glencoe völlig elektrisch betrieben wird.

Einige zahlenmäfsige Belege über die Verkehrsstärken seien mitgeteilt. Die Dampflokomotiven beförderten:

von Glencoe	nach Ladysmith	Zuggewichte	von	900 t
» Ladysmith	» Mooiriver	»	»	650 t
» Mooiriver	» Maritzburg	»	»	745 t

während einer Tagesdienstzeit von 17,5 St. In der Gegenrichtung zur gleichen Zeit, meist mit Leerzügen, nur 350 t.



Schätzungsweise wurde ein Tagesverkehr von 21 650 t als Höchstmafs für den Dampfbetrieb angenommen. Der elektrische Betrieb sollte dagegen 31 700 t Tagesleistung ermöglichen. Dies ist nicht nur erzielt worden, sondern wird wahrscheinlich erheblich überboten werden. Es werden z. Z. befördert:

der Küste zu über 20 000 t bis 24 600 t im Tag
landeinwärts » 11 800 » » » .

Der Wochentagfahrplan verzeichnet:

Personenzüge,	küstenwärts	6
»	landeinwärts	6
Güter-(Erz)züge,	küstenwärts	21
»	landeinwärts	22.

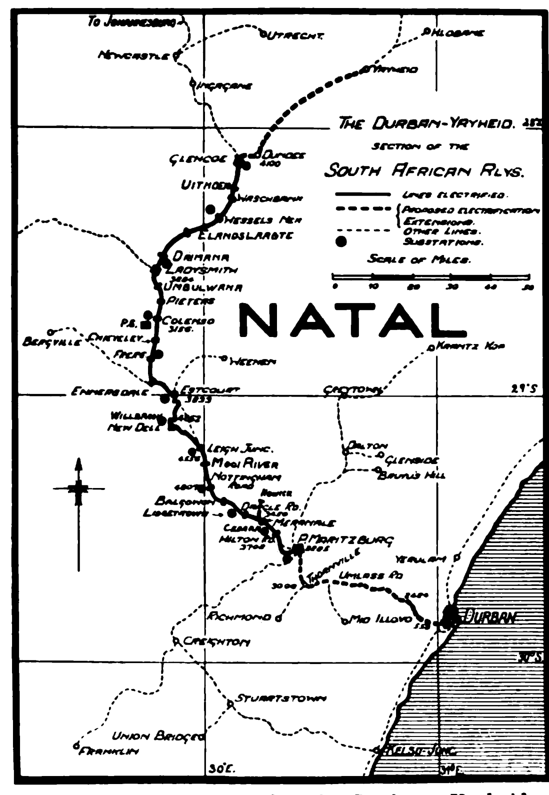


Abb. 1. Lageplan der Strecke Durban—Vryheid.

Bei der im Betriebe befindlichen elektrischen Strecke Maritzburg--Glencoe beträgt die mit Kapspur (1067 mm) ausgeführte Streckenlänge 275 km, die Gleislänge 497 km, somit sind 90 % der Strecke zweigleisig ausgebaut. Die Bahnebene hebt sich von 722 m ü. M. bei Maritzburg bis zu 1640 m bei New Dell in den Drakenbergen, fällt dann wieder mit geringen Gegengefällen bis auf 1040 m, verläuft weiterhin ziemlich eben bis Washbank und steigt noch einmal fast gleichmäfsig bis Glencoe in 1430 m ü. M. Steigungen bis 18 ‰ auf ununterbrochener Strecke von 23 km (Maritzburg--Duncairy) kommen vor.

Die Kraftversorgung erfolgt durch ein Dampfkraftwerk bei **Colenso** am Tugelaflufs. Dieses Werk enthält fünf Dampfturbinen-Einheiten von je 12 000 kW bei 3000 Umdrehungen in der Minute; Bauart C. A. Parsons, Newcastle u. T., ausgeführt als Zweigehäuse-Zwillings-Überdruckturbinen für 17,6 at Dampfdruck und Kondensation, direkt gekuppelt mit einem Drehstromgenerator von 12 000 kVA bei $\cos \varphi = 0{,}8$, 6600 Volt, 50 Perioden. Jeder Maschinensatz ist während zwei Minuten bis 20 000 kVA überlastbar. Der garantierte Dampfverbrauch beträgt 4,67 kg je kWh. Eine nähere Darstellung des dampftechnischen Teils ist in der Zeitschrift des V. D. I. 1925, Heft 4, Seite 86, gebracht worden.

Neben dem Kraftwerk wurde ein Aufsenunterwerk errichtet, das fünf Transformatoreneinheiten aufweist, die die Generatorenspannung von 6600 Volt auf 88000 Volt erhöhen. Mit dieser Spannung erfolgt die Kraftverteilung auf zwölf selbsttätige Unterwerke längs der Strecke, die einen gegenseitigen Abstand von etwa 24 km aufweisen und sämtlich mit Transformatoren und Umformern gleicher Bauart und Leistung ausgerüstet sind. Jeder Einheitsumformersatz besteht aus einem Synchrondrehstrommotor von 2400 kVA Dauerleistung bei 500 Umdrehungen in der Minute, gekuppelt mit zwei mit Kompensationswicklung versehenen Gleichstromdynamos für je 1000 kW Dauerleistung bei 1500 Volt Ankerspannung, die in Reihe geschaltet sind und demgemäfs eine Gleichstromspannung von 3000 Volt abgeben, die unmittelbar zur Fahrleitung geführt ist. Jeder Maschinensatz trägt auf einer Welle je eine besondere Erregermaschine für das Polrad des Synchronmotors und für die Gleichstromseite. Die Umformer sind von der British-Thomson-Houston-Gesellschaft, während die selbsttätigen Schaltanlagen, die von Colenso aus bedient werden, von der Intern. General Electric Co. stammen.

Die auf Stahlrohrtürmen in Abständen von 180 bis 260 m verlegte 88000 Volt Leitung besteht aus drei Kupferkabeln, die in einer einzigen wagrechten Ebene liegen, also gegenüber den bekannten Anordnungen in Dreieckform bemerkenswert abweichen. Auf der oberen wagrechten Ebene der Türme sind zwei Erdleitungen aus galvanisiertem Stahldraht angebracht, so dafs also die Ebene der Kraftleitungen auf der ganzen Strecke durch eine darüber liegende, ihr parallele und geerdete Ebene geschirmt wird. Über die Vorzüge dieser Leiteranordnung lassen sich bestimmte Angaben mangels längerer Betriebszeit noch nicht machen. Bisher sollen die Ergebnisse bei gewitterreichen Tagen günstig gewesen sein. Die Aufhängung der Kraftleitungen ist im übrigen die bekannte mittels Mehrfach-Tellerisolatoren in weitgespreizter Doppelhängekette. Die Türme sind nur so hoch, dafs der geringste lichte Abstand zwischen Kraftleitung und Erdboden 6,6 m nicht unterschreitet.

Die von den Unterwerken gespeiste Fahrleitung für 3000 Volt ist eine einfache Kettenfahrleitung mit Stahldrahtkabel, das über Wittfeld-Doppelisolatoren gelegt ist und an Hängedrähten den eigentlichen Fahrdraht aus Kupferprofildraht trägt. Als Masten kommen entweder einfache Gitterausleger oder Gitterstützmaste mit Brückenjoch über den Gleisen vor.

Besonderes Interesse dürften die **Lokomotiven***) beanspruchen, als Belege für die in Grofsbritannien zur Zeit geltenden Anschauungen über diese vielumstrittenen Ausrüstungsgegenstände einer elektrischen Vollbahn. Vorgesehen war folgendes Leistungsprogramm:

Es sollte ein Anhängegewicht von 1630 t auf einer Steigung von 10 ‰ in drei Minuten vom Stillstand auf eine Geschwindigkeit von 35 km/h gebracht werden bei einer Fahrdrahtspannung von —10 % der Nennspannung, also bei 2700 Volt ($p = 0{,}054$ m/sec). Dann sollte auf der gleichen Steigung diese Geschwindigkeit eingehalten werden können, während sie in der Ebene auf 58 bis 72 km/h steigen müfste.

Ferner sollte es möglich sein, einen Zug von 1485 t auf einem Gefälle von 20 ‰ vermittels Nutzbremsung durch die Lokomotive mit Sicherheit abrollen zu lassen.

Aus diesen Angaben läfst sich eine erforderliche Leistung von etwa 3200 PS berechnen, die angesichts der geringen Spurweite (1,067 m) und wegen verschiedener kleiner Halbmesser (bis zu 100 m herab), dann auch wegen des auf 18 t begrenzten Achsdruckes, auf drei gleiche Lokomotiveinheiten verteilt wurden.

Die Lokomotiven, deren Gesamtzahl 95 betragen wird, weisen folgende Kennzeichen auf:

Lieferant des mechanischen Teils: 60 Stück Schweizerische Lokomotivfabrik Winterthur. Die weitere Anzahl nach Zeichnungen von Winterthur durch englische Firmen.

*) Nach Mitteilungen der Metropolitan-Vickers-Co., Ltd., Manchester.



Lieferant des elektrischen Teils: Metropolitan-Vickers-Co. Ltd., Manchester.

Dienstgewicht: 65,5 t, davon 38,7 t auf den mechanischen Teil und 26,8 t auf den elektrischen Teil.

Bauart: A A — A A.

Zugkraft am Radumfang: 7450 kg dauernd, 9630 » während 1 h } bei ungeschwächtem Motorfeld; 18200 » beim Anfahren.

Geschwindigkeit: 37 km/h dauernd, 35 » während 1 h } bei ungeschwächtem Motorfeld. 72,5 km/h höchstzulässig.

Treibraddurchmesser: 1,22 m; Achsdruck: 16,35 t.

Länge über Puffer: 13,3 » Gröfste Breite: 2,8 m.

Ganzer Achsstand: 9,4 »

Fester » 2,82 »

Abstand der Drehgestellmitten: 6,6 m.

Höhe von Kastenboden bis Stromabnehmerschleifstück im niedergelegten Zustande: 3,95 m.

Motoren: vier Gleichstrom-Reihenschlufsmotoren von je 300 PS (1 Std.), Strafsenbahnbauart mit Zahnradübersetzung 1 : 4,42, Ankerspannung 1500 Volt.

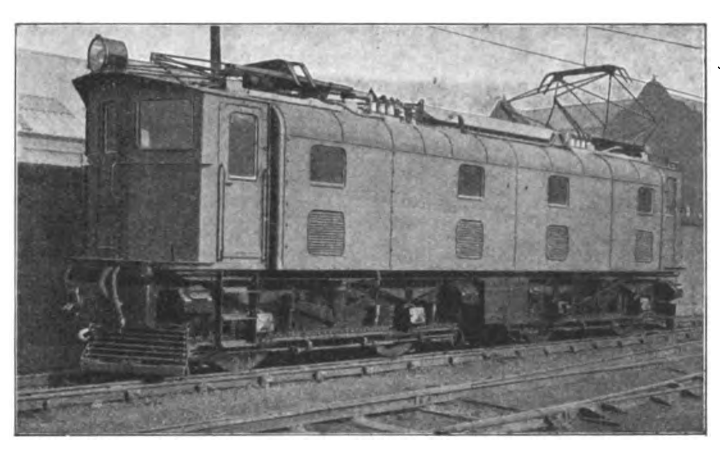


Abb. 2. B-B-Elektrolokomotive der Südafrikanischen Regierungsbahnen.

Bremsen:
1. Westinghouse-Druckluftbremse für die Lokomotive.
2. Elektrische Nutzbremsung.
3. Führerbremshahn für die Luftsaugebremsen des Zuges, da sämtliche Fahrzeuge aufser den hier besprochenen Lokomotiven Luftsaugebremsen Clayton-Hardy besitzen.

Steuerung: Mehrfachsteuerung mittels elektrisch gesteuerter Druckluftschützen. Diese erstreckt sich auf folgende Ausrüstungsteile:
1. Stromabnehmer und Haupttrennschalter,
2. Motorreglung,
3. Druckluftsandstreuer,
4. Drucklufterzeuger, geregelt über den Führerstandsdruckregler,
5. Luftsauger für die Zugbremsen, geregelt über den Führerbremshahn.

Stromabnehmer: zwei Scherenstromabnehmer mit zwei Schleifstücken.

Die Stromabnehmer sind so bemessen, dafs ein einziger Abnehmer den Strom einer Lokomotiveinheit dauernd führen kann. Eine Handpumpe dient zum Aufrichten eines Abnehmers bei Betriebsbeginn oder beim Versagen der Maschinendruckluft-einrichtung.

Vom Abnehmer wird der Strom in eine Hochspannungskammer geleitet. Ihre Tür schliefst den Raum ab, sobald der Haupttrennschalter einschaltet. In der Hochspannungskammer sind sämtliche Apparate, die gefährliche Spannungen aufweisen, untergebracht. Sie enthält den erwähnten Haupttrennschalter, der in üblicher Weise als Überstromschalter ausgebildet ist, dann die Umschalt- und Anlafsschützen für die Hauptmotoren, die Anlafswiderstände aus Gufseisen, ferner je einen doppelpoligen Hauptschalter nebst Sicherung für die Hilfsmaschinen, verschiedene Steuerrelais u. dergl. Die Hochspannungskammer liegt in der Mitte des Lokomotivkastens und läfst nur einen schmalen Seitengang frei, der als Verbindung zwischen den Führerräumen dient. Angrenzend sind untergebracht zwei Motorgeneratoren, ein Drucklufterzeuger, ein Luftsauger, verschiedene Luftbehälter und Niederspannungsapparate. Als Abschlufs des Kastens ist zu jeder Seite eine eigentliche Führerkabine angesetzt. Das Dach ist, die Führerkabinen ausgenommen, leicht abhebbar eingerichtet, so dafs die schwereren Ausrüstungsstücke bequem herausgehoben werden können.

Der kräftige Kastenrahmen ruht auf zwei Stahlgufsquerträgern mit halbkugeligen Drehpfannen, die auf entsprechend geformten, aus Phosphorbronze bestehenden Reibflächen des Drehgestellrahmens sitzen. Das eine Drehgestell ist indessen mit einer Auflagefläche versehen, die eine Änderung des Drehgestellmittenabstandes erlaubt, wie dies beim Kurvenlauf eintreten kann. Die Drehgestelle sind nämlich durch eine Mittelpufferungsverbindung in der Längsrichtung starr miteinander verbunden, da sie sämtliche Zug- und Stofsorgane tragen und demgemäfs der Kasten keine äufseren Kräfte aufnehmen soll.

Die Drehgestelle sind Aufsenrahmengestelle mit kräftigen Querverbindungen an den Enden und in der Mitte. Die äufseren Endplatten tragen je eine Mittelpufferkupplung, Bauart Laycock und die nach der Mitte zu gelegenen Querplatten die erwähnte Gelenkkupplung. Jedes Drehgestell besitzt zwei Treibachsen, deren Achsbuchsen in üblicher Weise mittels Blattfedern und Dämpfungsspiralfedern nebst Hebelausgleich mit den Drehgestellrahmen verbunden sind. Vergl. auch Abb. 2.

Die Triebmotoren sind vierpolige Gleichstromreihenschlufsmotoren mit Wendepolen und künstlicher Belüftung. Die Bauart ist so gedrängt, dafs trotz der schmalen Spurweite eine Stundenleistung von 300 PS bei 675 Umdrehungen in der Minute eingebaut werden konnte. Die Feldspulen besitzen eine Anzapfung für den Lauf mit geschwächtem Feld. Das Gehäuse ist ungeteilt. Die Motoren stützen sich einerseits mittels Tatzenlagers auf die Treibachse, andererseits sind sie über ein gefedertes Auflager an dem mittleren Querträger des Drehgestellrahmens befestigt. Das Zahnradvorgelege ist einseitig. Je zwei Motoren sind ständig in Reihe geschaltet, so dafs bei vier Motoren nur einfache Reihenparallelschaltung möglich ist.

Die elektrisch betätigte Druckluftsteuerung der drei gemeinsam arbeitenden Lokomotiveinheiten erfolgt über den Fahrschalter des jeweils vorn gelegenen Führerstandes. Der Fahrschalter besitzt drei entsprechend miteinander verriegelte Schaltwalzen:
1. Eine Walze für Nullstellung, Motoren vorwärts, Reihe und parallel, volles und geschwächtes Feld, rückwärts nur Reihe.
2. Eine Walze zum Abschalten der Anlafswiderstandsschützen.
3. Eine Walze zum Umschalten auf Nutzbremsung.

Die positiven Enden aller Steuerschützleitungen und der Leitungen des Schützenkreises für den Luftsaugermotor und Sandstreuer führen zur Walze 1. Auf Stufe 1 dieser Walze werden drei Umschaltschützen geschlossen und damit die Verbindungen zur Reihenschaltung der Fahrmotoren hergestellt, wobei sämtliche Anlafswiderstände vorgeschaltet sind. Dann wird Walze 2 mittels eines zweiten Hebels bewegt. Dieser »Beschleunigungshebel« ist mit einem Sperrhaken versehen;

ein leichter Druck gegen den Hebel zieht diesen Sperrhaken aus der Vertiefung der Kerbscheibe an der Walze und diese dreht sich selbsttätig um eine Stufe weiter. Jeder weitere Druck gegen den Beschleunigungshebel läfst die Walze um eine Stufe weiter vorschieben, so dafs trotz enger Stufenfolge stets ein genaues Stufenschalten erzielt wird. Hierbei nimmt aber der Beschleunigungshebel an der Winkeldrehung der Walze stets teil, so dafs es mechanisch leicht möglich ist, die Walze durch entgegengesetzen Hebeldruck in ihre erste Lage zurückzubringen. Dies mufs erfolgen, sobald nach dem stufenweisen Einschalten der Widerstände in der Reihenschaltung die Walze 1 auf »Parallel« gestellt werden soll. Darauf erfolgt das geschilderte Spiel des Beschleunigungshebels von neuem.

Der Steuerstromkreis ist so geschaltet, dafs ein Anfahren mit parallelgeschalteten Motoren unmöglich ist. Der Übergang von »Reihe« auf »Parallel« erfolgt durch eine Brückenschaltung am Hauptsteuerschalter, der weiter unten erläutert wird. Bei Überlast werden augenblicklich zwei Widerstandsstufen eingeschaltet, die Widerstandsschützen schalten sofort den gesamten Anlafswiderstand vor und erst dann erfolgt das Abschalten der Netzspannung. Zum Wiederanfahren mufs der Beschleunigungshebel in seine Anfangslage zurückgebracht werden und ebenfalls die Walze 1 in die »Reihenstellung«, bevor wieder eingeschaltet werden kann.

Bei der Nutzbremsung werden alle vier Motoren als Dynamos mit fremderregtem Feld geschaltet. Hierzu dient ein 28 kW-Motorgenerator. Dieser erzeugt eine, nur mit der Netzspannung schwankende, sonst gleichmäfsige Spannung. Seinerseits wird er erregt durch einen zweiten 16 kW-Motorgenerator. Spannungsschwankungen höheren Grades im Netze werden durch einen Dämpfungswiderstand zwischen Netz und Motoren unschädlich gemacht.

Mittels Schützen am Feldregelwiderstand des 28 kW-Motorgenerators können 13 verschiedene Bremsspannungen durch die Walze 3 am Führerschalter eingestellt werden.

Der Führer kann Nutzbremsung sowohl in der Reihen- wie in der Parallelschaltung der Motoren geben. Beim Nutzbremsen ist zuerst der Anfahrwiderstand vorgeschaltet und die Motorfelder werden schwach erregt. Es kann dann allmählich der Anfahrwiderstand abgeschaltet und die Felderregung verstärkt werden. Während der Nutzbremsung kann die Luftsaugebremsung des Zuges teilweise mitarbeiten, während eine Lokomotivdruckluftbremsung hierbei nicht möglich ist. Sollte indessen die Zugbremsung zu stark wirken, so wird die elektrische Bremsung sofort unterbrochen und die Lokomotivdruckluftbremsung wird für den Gebrauch wieder freigegeben.

Der Hauptstrom wird durch zwei Arten von Einzelschaltern gesteuert:

1. Eine Gruppe von Schützen für Unterbrechungs- und Widerstandsabschaltorgane, mit sehr starkem Kontaktdruck und einer kräftigen Abschaltfeder.

2. Eine Gruppe von Einzelschaltern, die mittels Kolbenhebel und Daumenscheibenwelle zwangsläufig betätigt werden. Der Antrieb dieser Steuerwelle erfolgt über ein Zahnritzel und eine Zahnstange durch ein Zweikammerkolbenschubwerk. Diese Gruppe dient zur Umschaltung der Motoren von Reihe auf Parallel, als Fahrtwender und zur Herstellung der Nutzbremsschaltung. Aufserdem zur Feldschwächung der Motoren.

Über den Schaltern der Gruppe 1 liegen die Anfahr- und Dämpfungswiderstände auf sorgfältig isolierten Trägern. Die Hochspannungskabel liegen in Stahlrohren, die einen gründlichen mechanischen und elektrischen Schutz gewähren. Die Starkstromverbindungen zwischen den Einzelschaltern und den Widerstandsverbindungen sind im übrigen, soweit dies möglich war, aus blankem Profilkupfer oder biegsamen Kupferblättern hergestellt. Die Steuerstromkabel liegen in besonderen Kabelrinnen. Sie führen zu den Fahrschaltern über eine besondere Schalttafel in jedem Führerstand, die es ermöglicht, die durchlaufenden Steuerleitungen sowohl vom Fahrschalter als auch von den Starkstromschützen vollständig zu trennen. Die durchlaufenden Steuerleitungen münden an den Lokomotivenden in je vier Kupplungssteckdosen.

Der Steuerstrom von 110 Volt wird durch den 16 kW-Motorgenerator erzeugt in Verbindung mit einer kleinen Akkumulatorenbatterie. Aufserdem dient dieser Maschinensatz zur Versorgung mit Licht, Strom für Luftsauger- und Druckluft-erzeugermotoren, für die Erregung des 28 kW-Motorgenerators, zur Führerstandsheizung und zur Batterieladung.

Die Welle dieses Motorgenerators trägt ein Flügelradgebläse zur Belüftung von zwei Fahrmotoren.

Der 28 kW-Motorgenerator dient zur erwähnten Felderregung der Fahrmotoren mit 0 bis 80 Volt während der Nutzbremsung. Auf seiner Welle sitzt ein zweites Flügelradgebläse zur Belüftung der übrigen zwei Fahrmotoren.

Beide Motorgeneratoren besitzen Doppelkommutatoranker mit je zwei getrennten Wicklungen für 1500 Volt, so dafs die Motoren an 3000 Volt gelegt werden können.

An Hilfsmaschinensätzen sind noch vorhanden:

1. Ein Drucklufterzeuger, bestehend aus einem zweipoligen 8 PS 110 Volt Reihenschlufsmotor, der über ein Vorgelege mit einem liegenden 2-Zylinderluftpresser gekuppelt ist. Der Maschinensatz wird über einen selbsttätigen Anlasser mit Zeitverzögerungsrelais und über die Druckreglerkontakte in bekannter Weise gesteuert. Bei der Mehrfachsteuerung wird ein gleichmäfsiges Arbeiten der drei Luftpresser auf die durchlaufende Hauptluftleitung durch einen besonderen Überwachungsdraht, der sämtliche drei Druckregler miteinander verbindet, gewährleistet. Die erzeugte Prefsluft dient aufser zur Lokomotivbremsung noch zur Betätigung der Sandstreuer, der »Tyfon«-Signalhörner, der Schaltgruppenantriebe und der Stromabnehmer.

2. Ein Luftsaugersatz, bestehend aus einem 4 bis 6 PS, 110 Volt Reihenschlufsmotor mit Feldschwächungsstufe, direkt gekuppelt mit einem Saugrad. Er dient zur Betätigung der Zugbremsen und wird selbsttätig eingeschaltet sobald die Luftleere der Bremsleitung ungenügend wird.

Abschliefsend sei bemerkt, dafs die Lokomotiven sich vorzüglich bewährt haben. Vergleichsweise sei mitgeteilt, dafs ein elektrisch betriebener Zug mit 1300 t Anhängelast auf Steigungen von 15,4 $^0/_{00}$ mit 37 km Stundengeschwindigkeit befördert wird, während ein Dampfzug von nur 650 t Nutzlast auf dem gleichen Streckenabschnitt nur 13 km/h vorwärts kam. Die gröfste Tagesleistung auf der Strecke Glencoe—Mooiriver betrug bisher 24 600 t.

Die Anlagekosten der gesamten Streckenausrüstung, aber abzüglich der Lokomotivkosten, wurden ursprünglich auf 3318990 Pfund Sterling berechnet, es zeigte sich aber, dafs dieser Betrag auf 4 387 334 Pfund Sterling zu erhöhen ist. Inwieweit hierbei die als ein »Wunderwerk moderner Technik« gepriesenen, völlig selbsttätig arbeitenden Unterwerke, die vielfach in abgelegenem Gelände liegen, hierzu beigetragen haben, ist nicht ersichtlich. Die verwickelten Fernschalteinrichtungen dieser Unterwerke, über die nähere Angaben noch nicht zu erhalten waren, sollen indessen bis jetzt zur Zufriedenheit der Bahn arbeiten.

Berichte.

Allgemeines.

Internationaler Kongreſs für Materialprüfungen in Amsterdam vom 12. bis 17. September 1927.

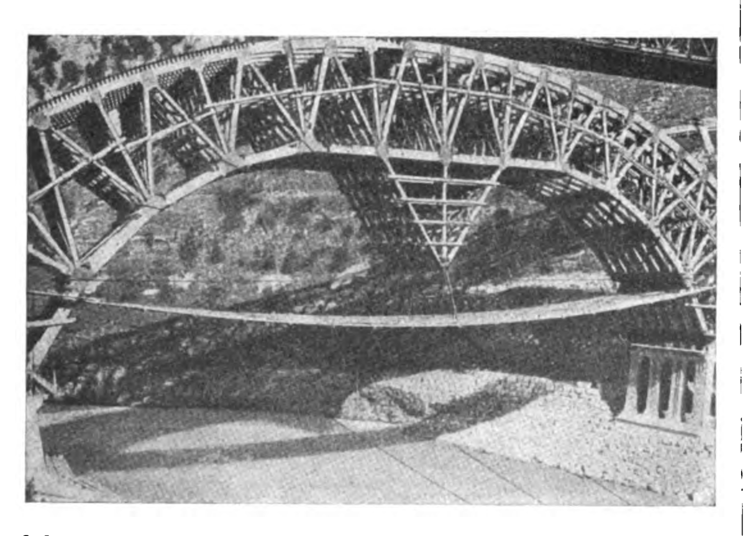
Der internationale Materialprüfungskongreſs in Amsterdam war der siebente seiner Art. Der erste fand in Zürich 1895 auf Anregung von Prof. Tetmajer statt. Das Ergebnis dieses Kongresses war die Gründung des Internationalen Verbandes für Materialprüfung, der sich u. a. die Aufgabe stellte, gleichartige Prüfungsverfahren zu entwickeln und festzulegen, um die technisch wichtigsten Eigenschaften von Bau- und anderen Stoffen aufzufinden und die dazu dienlichen Einrichtungen zu vervollkommnen. Weitere Kongresse fanden statt 1897 in Kopenhagen, 1901 in Budapest, 1906 in Brüssel, 1909 in Kopenhagen und 1912 in New York mit stetig zunehmender Beteiligung. Besonders den Materialprüfungsvereinigungen der Schweiz und Hollands war es zu verdanken, daſs nach dem Kriege im September 1927 wieder ein Kongreſs und zwar in Amsterdam zustande kam. Vertreten waren 23 Länder mit rund 500 Teilnehmern. Man einigte sich dahin, einen neuen internationalen Verband zu gründen mit dem Zwecke der Förderung der stoffkundlichen Forschung und der Vereinheitlichung der Prüfverfahren, und dessen einzelne Elemente die nationalen Materialprüfungsverbände bilden. So ist dafür gesorgt, daſs in dem ungeheuer gewachsenen Gebiet des Eindringens in den Bau der Stoffe und die Beherrschung ihrer Eigenschaften die gewonnenen Fortschritte nicht auf die engen Grenzen der einzelnen Länder beschränkt bleiben, sondern darüber hinaus, sich gegenseitig fördernd, wirksam werden. Die wichtigsten, in etwa 100 Vorträgen behandelten Gegenstände waren Gruppe A. Metalle: Baustahl hoher Festigkeit, rostfreier Stahl, Metallographie, Rekristallisation von Metallen, Prüfung der Abnützung und Härte, Prüfung gehärteten Stahls, Schlagproben, Ermüdungsproben, Einfluſs hoher Temperaturen auf Metalle, Eisen- und Stahlgehalt in Nichtmetallen, Guſseisen einst und jetzt, Schweiſsung, Prüfung und Justierung von Prüfungsmaschinen, Auswertung von Prüfungsergebnissen. Gruppe B. Zement, Stein und Beton: Eisenbeton mit Stahl hoher Festigkeit, Bestimmung von Betonmischungen, Beton und Eisenbeton in Meerwasser, die verschiedenen Normenprüfungsverfahren für Zement, Raumbeständigkeit des Zements, Aluminiumzement, Zellenbeton, Wetterbeständigkeit von Steinen, Prüfung von Ziegelsteinen, Prüfung feuerfester Stoffe, Wege-Baustoffe. Gruppe C. Übrige Stoffe: Neue Verfahren der praktischen Beurteilung und Bewertung von Ölen, Prüfung des Widerstandes von Mineralölen, insbesondere Transformatorölen gegen Oxydation in der Luft, Prüfung von Schmierölen, Petroleum und Dampfturbinenölen, Elastizität und Plastizität von Gummi, Fortschritt in der chemischen Prüfung von Kautschuk, Rostschutz, Prüfung von Holz für Bauzwecke, Prüfung und Einteilung von Bauhölzern, Prüfung von Anstrichen und Firnissen, Untersuchung von Brennstoffen, neuere Asphalttheorien, einheitliche Festlegung von Materialprüfungsverfahren, Bedeutung von Normalthermometern und Prüfung von Materialien*). Der nächste Kongreſs wird voraussichtlich 1931 in Zürich stattfinden. Dr. S.

*) Der Gegenstand eines von Burchartz gehaltenen Vortrags „Versuche mit Hochofenstückschlacke als Gleisbettungsstoff" ist im Organ 1927, Heft 16, Seite 292 veröffentlicht. Ein Aufsatz über einen von Spindel-Innsbruck gehaltenen Vortrag über Prüfung der Abnutzung folgt noch.

Bahnunterbau, Brücken und Tunnel; Bahnoberbau.

Der Wiederaufbau der Salcanobrücke über den Isonzo.

Im Kriege wurde die Steinbrücke über den Isonzo in der Nähe des Görzer Nordbahnhofs, die unter dem Namen Salcanobrücke bekannt ist, zerstört. Diese Steinbrücke hatte eine Hauptöffnung von 85 m Lichtweite und neun kleinere Öffnungen. Im Jahre 1918 wurde die Brücke unter Verwendung eines eisernen Hilfstragwerkes System Roth-Letagner von den Österreichern betriebsfähig gemacht.



Salcano-Brücke. Ansicht des beim Umbau angewandten Rüstbogens.

Die Erneuerung des Hauptbogens mit 85 m Lichtweite in Stein wurde vor kurzem durchgeführt. Das Gewölbe wurde wie das ehemals bestandene ausgebildet mit einer geringen Abänderung, die darauf ausgeht die Form des Gewölbes zu verbessern, um eine der Gewölbeachse sich möglichst anschmiegende Nutzlinie zu erzielen. Dies wurde erreicht durch ein Gewölbe in Korbbogenform mit drei Kreiszentren. So ist es ermöglicht worden die Gewölbestärke gegenüber der seinerzeitigen Ausbildung ohne ungünstigere Beanspruchungen des Gewölbematerials schwächer zu halten.

Das ursprüngliche Lehrgerüst hatte radiale Ausbildung, wobei die Streben senkrecht zum Gewölbemantel stehen und die Druckübertragung mittels zweier Sprengwerke auf die Fluſsufer und einem gemauerten Mittelstützpfeiler erfolgte. Die Mittelstütze, die pneumatisch fundiert worden war, wurde nach Zerstörung der Brücke ebenfalls durch Sprengung bis unter dem Niederwasserstand zerstört.

Nach dem Erneuerungsentwurf wollte man den noch unter Wasser vorhandenen Teil der Mittelstütze verwenden, um ein Auflager für ein wie das ursprünglich ausgebildete Lehrgerüst zu schaffen. Aber die Untersuchungen lieſsen erkennen, daſs die gemauerten Überreste der Mittelstütze ganz rissig waren und die Wiederinstandsetzung nur mit schwierigen Unterwasserarbeiten zu bewirken gewesen wäre. Diese Schwierigkeiten, die durch den Bergstromcharakter des Isonzo, der häufig Anlaſs zu groſsen Überschwemmungen gibt, noch weiter gesteigert wurden, veranlaſste die Bauunternehmung einen Entwurf eines Lehrgerüstes ohne Mittelstütze auszuarbeiten.

Dieser tatsächlich zur Anwendung gelangte Lehrbogen, ist aus der Abb. ersichtlich; er ist im groſsen und ganzen nach der Type Sejourné ausgebildet. Es handelt sich auch hier um eine radiale Ausbildung, bei der die Kräfte von zum Gewölbemantel senkrechten Streben aufgenommen und durch ein Tragwerk von Vieleckform, das durch Ketten versteift ist, auf die Knotenpunkte übertragen werden; der mittlere wagrechte Teil der Umrahmung besteht aus einem durch Metallseile verspannten Längsbalken, deren Spannung man je nach Bedarf mittels eigener Spannvorrichtungen zu ändern vermag. In Abweichung von der ursprünglichen Sejourné-Type ist die Gruppe der Radialstreben durch eine zweite Gruppe von Diagonalstreben vervollständigt worden, so daſs das Lehrgerüst als ein regelrechter Netzbogen in Holz angesprochen werden kann, der durch wagrechte Ketten versteift ist und dessen unterer mittlerer Teil durch die Zugvorrichtungen fast undeformbierbar gemacht wird.

Um die Stützweite des Lehrbogens zu vermindern sind an den Ufern des Flusses zwei Auflagerstützen in Eisenbeton geschaffen worden. Dadurch werden die Stützpunkte möglichst gegen die Mitte der Brücke zu verschoben; die tatsächliche Lichtweite des Bogens beträgt dadurch 57,40 m. Der Gewölbebogen ist hergestellt worden in Stein aus den Brüchen von Chiampo, Aviano und Nabresina nach dem Ringsystem; im mittleren Teil, wo die Scheitelstärke 1,80 m beträgt sind drei Ringe und gegen die Kämpfer, wo die gröſste Stärke 3,10 m beträgt, vier Ringe angeordnet.

Die Senkung des Lehrgerüstes betrug während des Anfbringens des ersten Ringes 50 mm und erhöhte sich bis 58 mm während des Baues der anderen Ringe. Bei der Ausschalung des Gewölbes, die am 11. und 12. Januar 1927 ohne den geringsten Anstand vorgenommen wurde, ergab sich eine Senkung im Scheitel von 6 mm.

Für den Gewölbebau wurden 1600 m³ Stein in 4533 Quadern verwendet. Das Gewölbe das am 1. September 1926 begonnen worden war, wurde am 9. Dezember, das heifst innerhalb eines Zeitraumes von 100 Tagen fertiggestellt, von denen jedoch 30 Tage wegen ungünstiger Witterung für die Steinversetzung nicht ausgenutzt werden konnten. R

(Riv. tecn. 1927. H. 4.)

Lokomotiven und Wagen.

Versuche der Deutschen Reichsbahn mit kohlensparenden Lokomotiven.

Einen kurzen Überblick über die Bestrebungen der Deutschen Reichsbahn-Gesellschaft zur Verbesserung der Wärmewirtschaft im Lokomotivbetrieb gibt Reichsbahndirektor Fuchs in der Zeitschrift „Die Reichsbahn“.

Die nächstliegenden, vom Beginn des Lokomotivbaues an einsetzenden Mafsnahmen der Steigerung des Dampfdruckes und stärkerer Dehnung, die bei 12 at einen spezifischen Dampfverbrauch von 11 kg/PS_i ergeben hatten, lieferten bei 16 at und Verbundwirkung 9,5 kg. Den beträchtlichsten Fortschritt brachte bekanntlich die Überhitzung. Mit den nunmehr angewendeten 400° Überhitzung in Verbindung mit 14 bis 16 at Betriebsdruck ist eine Senkung auf 7 kg (5200 WE je PS_e-Std.) erzielt worden. — Von den Ende 1926 vorhandenen 25600 Dampflokomotiven waren 71% Heifsdampflokomotiven.

Bis hierher handelt es sich um erprobtes Gebiet. Zur Erforschung, in wie weit eine Erweiterung des Wärmegefälles im Lokomotivbetrieb nach oben durch Steigerung des Dampfdruckes, nach unten durch Einführung der Kondensation möglich ist, sind eine Reihe von Lokomotiven verschiedener Bauart beschafft worden oder stehen im Bau. Bekannt sind die Kruppsche und Maffeische Turbinenlokomotive*), letztere mit 22 at Betriebsdruck als äufserste Grenze eines gewöhnlichen Stehbolzenkessels, und die von der Schmidtschen Heifsdampfgesellschaft entworfene, von Henschel gebaute Höchstdruck-Kolbenlokomotive (60 at)**).

Erweiterung des Druckgefälles nach oben und unten vereinigt die bei Krupp bestellte Turbinenlokomotive mit 60 at Kesseldruck und Kondensation, deren Leistung 2500 PS betragen wird.

Ihre Feuerbüchse ist in Anlehnung an den Thornicroft-Schulz-Kessel so durchgebildet, dafs die Feuergase lediglich an dünnen Wasserrohren entlangstreichen und die der Speicherung von Wasser und Dampf dienenden Kesseltrommeln der Einwirkung der Feuergase entzogen sind. Die Lokomotive wird eine Hochdruckturbine und zwei Niederdruckturbinen erhalten und zwar eine Turbine für Fahrgeschwindigkeiten von mehr als 50 km und die zweite für geringere Geschwindigkeiten. Dadurch wird für die sehr mafsgebliche Niederdruckturbine bei geringeren Fahrgeschwindigkeiten eine günstigere Umlaufzahl erzielt und der Dampfverbrauch wesentlich verringert. Die Lokomotive dürfte eine Kohlenersparnis von etwa 45 v. H. ergeben.

Einen eigenartigen Weg zur Erzeugung von Höchstdruckdampf hat Professor Löffler gezeigt. Er überhitzt Dampf in einem beheizten Überhitzer und leitet den gröfseren Teil dieses Heifsdampfes in den Wasserraum eines nicht beheizten und zum Teil mit Wasser gefüllten zylindrischen Kessels, wobei der Heifsdampf seine Wärme an das Wasser abgibt und dieses dadurch verdampft. Den erzeugten Dampf pumpt er wieder in den Überhitzer. Der nicht zur Dampferzeugung verwendete Teil — etwa ein Viertel — des überhitzten Dampfes steht zur Arbeitsleistung im Dampfzylinder zur Verfügung und kann dann frei auspuffen. Nachdem eine nach diesem System arbeitende ortsfeste Anlage bei Wien längere Zeit gearbeitet hatte, entschlofs sich die Berliner Maschinenbau-A.-G. vorm. L. Schwartzkopff, auf Bestellung der Deutschen Reichsbahn an die Durchbildung einer nach dem Löffler-Verfahren arbeitenden Lokomotive mit 100 at Kesseldruck heranzugehen. Das Verfahren bietet den Vorteil, dafs Kesselsteinablagerungen in dem nicht beheizten Dampferzeuger unschädlich sind, als Speisewasser also das übliche Rohwasser verwendet und die Lokomotive mit Auspuff betrieben werden kann. Sie läfst eine Kohlenersparnis von etwa 45 v. H. erwarten.

Eine nach dem Benson-Verfahren arbeitende Lokomotive ebenfalls für 2500 PS hat die Deutsche Reichsbahn-Gesellschaft bei der Firma Maffei bestellt. Dabei wird bekanntlich der Dampf mit dem kritischen Druck von 225 at erzeugt, und, zwecks Überhitzung auf 180 at abgedrosselt, in einer Hoch- und Niederdruckturbine ausgenutzt, unter Niederschlag in einem Kondensator.

Mit der Benson-Lokomotive kann ein Kohlenverbrauch von etwa 0,5 kg für eine PS_e-Std. und eine Kohlenersparnis von 50 v. H. gegenüber der Einheitsschnellzuglokomotive erwartet werden. Die nach dem Benson-Verfahren arbeitende Turbinenlokomotive bietet die äufserste und nicht mehr zu übertreffende Möglichkeit, den Dampfverbrauch durch Erweiterung des Druckgefälles herabzudrücken.

Weiterhin war man naturgemäfs bemüht, die Brennstoffkosten durch Verwendung billigerer Kohlensorten, insbesondere auch von Braunkohlen, dem bei der Verschwelung anfallenden Halbkoks sowie Fein- und Staubkohle zu senken. Auf dem Lokomotivrost lassen sich diese Brennstoffe bei den erforderlichen hohen Rostbelastungen nur als Briketts verfeuern, die aber teuer sind. Die beste Feuerung für diese Kohlensorten ist die Kohlenstaubfeuerung, bei welcher der zu feinstem Staub vermahlene Brennstoff durch Druckluft in den Verbrennungsraum eingeblasen wird. Sie ermöglicht überdies eine weit günstigere Verbrennung. Es wurde daher angestrebt, die Kohlenstaubfeuerung auch bei Lokomotiven anzuwenden. Die bei ortsfesten Kesseln üblichen Anordnungen waren bei der Lokomotive aber nicht zu gebrauchen, weil die von ihnen benötigten grofsen Verbrennungsräume nicht vorhanden waren. Beim Entwurf einer Kohlenstaubfeuerung für Lokomotiven mufsten daher neue Wege gegangen werden, die nach langjährigen Bemühungen endlich so erfolgreich waren, dafs demnächst zwei Lokomotiven G 8² der Deutschen Reichsbahn mit der von der A. E. G. entworfenen Kohlenstaubfeuerung in Betrieb genommen werden können. Auch eine weitere von einer Studienvereinigung mehrerer anderer Lokomotivfabriken unter Führung der Firma Henschel ausgebildete Kohlenstaubfeuerung ist nunmehr soweit ausgebildet, dafs sie im Betriebe erprobt werden kann.

In ganz anderer Richtung liegen die Bestrebungen, die Dampflokomotive ganz zu verlassen und den Verbrennungsmotor mit seinen viel besseren thermischen Eigenschaften an die Stelle zu setzen. Eine Diesellokomotive ist bei der M. A. N. Augsburg und der Maschinenfabrik Esslingen im Bau. Sie verwendet zur Kraftübertragung Druckluft, die von einem 1000 PS Dieselkolbenkompressor erzeugt, durch die Abgase des Dieselmotors erhitzt wird, um dann in Lokomotivzylindern Arbeit zu leisten.

*) Organ 1925, S. 8; 1926, S. 72.

**) Organ 1926, S. 76.

Neu erschienene Lonormen.

Aufser den in Heft 9 vom 15. September 1923, Seite 181 und 182, Heft 16 vom 30. November 1924, Seite 367 und Heft 24 vom 30. Dezember 1925, Seite 536 veröffentlichten Lonormen sind erschienen:

LON 52 Einheitliche Bezeichnung der Lokomotiven und Tender
„ 101 Durchgangslöcher für Schrauben
„ 202 Buchsen
„ 203 Steuerungsbuchsen
„ 251 Stellringe für Bolzen
„ 252 Blanke Scheiben für Bolzen
„ 253/4 Bolzen abgesetzt und glatt
„ 261 Dichtringe für Waschluken, Ellipsenform
„ 262 Domdichtringe
„ 263 Dichtringe für Verschraubungen, Gewindezapfen und Flansche
„ 270 Dichtungslinsen
„ 273 Überwurfmuttern
„ 274 Bundbuchsen
„ 275 Doppelnippel
„ 277 Hahnkükensicherung
„ 278 Scheiben mit Vierkantloch für Hähne
„ 279 Sechskant-Verschlufsschrauben
„ 293 Rundgewinde für Feuerlöschstutzen und Anschlufs für Kesselablafshähne



LON 301 Schrauben für Lokomotivbau (Übersicht)
„ 302—354 Schrauben der verschiedensten Formen und Verwendungszwecke
„ 382, 384 Einfach- und Doppelschraubenschlüssel
„ 383 Aufsteckrohre für Einfachschraubenschlüssel
„ 391—401 Muttern verschiedener Form
„ 406 (DIN 93 und 432 gekürzt) Sicherungsbleche
„ 428 Hahngriffe mit Holzheft
„ 429 Hahngriffe aus Flufsstahl
„ 438 Handräder für Ventile von 25 bis 70 mm Nennweite
„ 1108 (DIN 1754 gekürzt) Kupferrohre, nahtlos
„ 2003 Kipproststäbe
„ 2009 Nietschrauben mit Rille
„ 2010 Nietbolzen für Rost mit Rille
„ 2012 Nietbolzen für Rost mit Ansatz
„ 2038 Nietkopfschrauben, Nietschraubenbolzen, für Kessel
„ 2061 Stehbolzen
„ 2102 Domoberteil
„ 2116 Mannlochring auf Domoberteil zum Speisewasserreiniger
„ 2157 Bügelanker geprefst
„ 2171 Längsanker mit Gabel
„ 2172 Längsanker mit Gewinde
„ 2175 Bodenanker, rechteckig
„ 2201—2215 Drehbare Feuertüren verschiedener Form
„ 2216—2221 Klapptüren, Zusammenstellung und Einzelteile
„ 2234—2238 Feuerlochschoner, rechteckig, für Befestigung an Grundplatte
„ 2301 Schieberregler, Zusammenstellung
„ 2302 „ Reglerkopf für 80 mm Nenndurchmesser
„ 2303 „ Reglerkopf für 100, 120 und 140 mm Nenndurchmesser
„ 2304 „ Grundschieber
„ 2305 „ Entlastungsschieber
„ 2306 „ Federträger, Führungsblech
„ 2307 Reglerstange für Schieberregler
„ 3004 Dampfpfeifenhahn
„ 3021/2 Fangrohr, Fangtrichter für Wasserstandprüfhähne
„ 3031 Durchgangshähne
„ 3033 Durchgangshahn, Nennweite 25 für Rohranschlufs auf beiden Seiten
„ 3035/6 Zapfhähne mit gebogenem und mit geradem Auslauf
„ 3038/9 Wasserstandprüfhahn mit Flansch, mit Gewindezapfen
„ 3044 Hahnküken für Scheibe für Durchgangs- und Zapfhähne
„ 3046/7 Druckmesserhahn mit Flansch und mit Gewindezapfen
„ 3048 Hahnküken für Federsicherung
„ 3220—3225 Selbstschlufs-Wasserstandanzeiger mit Flansch, Zusammenstellung, Einzelteile
„ 3229/30 Wasserstandablafshahn mit Bund für Laternenstütze
„ 3244/5 Wasserstandmarken
„ 5001 Kolbenstangen-Durchmesser
„ 5005/6 Kolbenbefestigung für 26 bis 50 mm und 55 bis 130 mm Kolbenbohrung
„ 5102/3 Zylinderventil mit Zweischraubenflansch, Gewindezapfen
„ 5337 Gelenkbolzen für Kuppelstangen
„ 5510 Steuerungsbolzen
„ 6001 Untere Signalstütze
„ 6002 Obere Signalstütze gekrümmt
„ 6003 Obere Signalstütze gerade
„ 6051 Trittbleche
„ 6111—6122 Wassereinlauf für Tender in verschiedenen Abmessungen
„ 7020 Hebelnaben
„ 105 Teilung für Niet- und Schraubenverbindung
„ 2176 Bodenanker rund
„ 6144 Drehbarer Klappsitz, Zusammenstellung
„ 6145—6148 Drehsitz, drehbarer Klappsitz.

Im ganzen sind, wie wir einem Bericht der V. D. I.-Nachrichten entnehmen, bis jetzt vom Engeren Lokomotiv-Normen-Ausschufs (Elna), der die Normung in engster Fühlungnahme mit dem Deutschen Normenausschufs durchführt, etwa 280 endgültige Normblätter und sechs in Buchform erschienene Normen aufgestellt. Der engere Lokomotiv-Normen-Ausschufs „Elna“ hat ein neues Verzeichnis aller bisher erschienenen Lonormen (Lokomotivnormen) herausgegeben, das von der Geschäftsstelle, Anschrift: „Elna m. Br. Hanomag, Hannover-Linden, Postfach 55“ unentgeltlich bezogen werden kann. Nach Abschlufs der noch in Bearbeitung befindlichen Entwürfe wird insgesamt mit einem Normenwerk von etwa 500 Einzelblättern zu rechnen sein.

Der Lokomotivbau konnte etwa 160 allgemeine DIN-Blätter, die hauptsächlich allgemeine Grundnormen enthalten, unverändert übernehmen. Sie wurden ergänzt durch einige für den Lokomotivbau notwendige besondere Normen, so u. a. einheitliche Benennungen, Zeichnungsverzeichnisse, Abkürzungen und Mafseinheiten.

Hinsichtlich der technischen Grundnormen ist zu bemerken, dafs mit Rücksicht auf die Ausbesserung der Fahrzeuge bei der Reichsbahn eine Anzahl von Sondergewinden als Normen aufgestellt werden mufste. Die Normungsarbeit auf diesem Gebiet kann als abgeschlossen angesehen werden.

Die Normen für Werkstoffe und Halbzeuge wurden ebenfalls im wesentlichen den Dinormen entnommen. Für einen Teil der nahtlosen Flufsstahlrohre mufsten im Hinblick auf die besonderen Verwendungszwecke gegenüber den DIN-Rohren für den Rohrleitungsbau einige Ergänzungen vorgenommen werden.

Von den allgemeinen Einzelbauteilen konnten die Nieten und Schrauben mit sämtlichem Zubehör den Dinormen entnommen werden, wobei sich allerdings die zusätzliche Normung einiger Sonderschrauben, wie z. B. der Pafsschrauben, nicht vermeiden liefs. Auch mufste für die Stiftschrauben eine Sondernorm geschaffen werden, da mit Rücksicht auf die Ausbesserung ein Einschraubgewinde von stets gleicher Gangzahl (10 Gang auf 1") gewählt werden mufste.

Das gesamte Gebiet der Rohrverbindungen, wie Flanschen, Verschraubungen, Dichtungen, Linsen usw. mufste mit Rücksicht auf die im Lokomotivbau vorliegenden besonderen Verhältnisse besonders bearbeitet werden.

Die Normung der zusammengesetzten Lokomotivteile stellt ein Hauptarbeitsgebiet des Elna dar. Die Normen der Kesselbauteile und Grob-Ausrüstung sind abgeschlossen. Ein beträchtlicher Teil der Normen für Feinausrüstung liegt ebenfalls vor.

Für Rahmen und Laufwerk werden demnächst abgeschlossen die Normung der Federn, Federaufhängung und Radsätze. Aus den Gruppen Zylinder, Triebwerk und Steuerung liegen wohl einige Normen von untergeordneten Bauteilen vor; die Hauptteile jedoch können nicht oder nur aufserordentlich schwer genormt werden. Die Normung der Einzelteile für Führerhaus, Wasser- und Kohlenkasten, Laufbleche und Verkleidungen ist, soweit sie überhaupt normungsreif sind, abgeschlossen oder steht kurz vor dem Abschlufs. Für die Bremsteile sind die Vorarbeiten geleistet und alle in Frage kommenden Normblätter in Arbeit.

Die Normen für den Austauschbau konnten restlos auf die Dinormen aufgebaut werden. Die Pafsdurchmesser stellen eine Auswahl aus den Normaldurchmessern nach DIN 3 dar. Als Pafssystem wurde das System der Einheitsbohrung gewählt, aus dessen Sitzen eine Auswahl getroffen wurde. Wegen der grobgearbeiteten Teile im Lokomotiv- und Wagenbau, wo gröfsere Toleranzen und Spiele benötigt werden, wurden die groben Prefssitze und grofsen Spiele geschaffen. Dafs hierdurch einem auch in andern Industriezweigen vorliegenden Bedürfnis entsprochen wurde, beweist die Tatsache, dafs diese groben Toleranzen von vielen Seiten begrüfst wurden und Anwendung gefunden haben.

Die Arbeiten über Gewindepassungen sind abgeschlossen. Für die Normung der Prefssitze sind Versuche im Gange. In Erkenntnis der Schwierigkeiten der richtigen Anwendung der Passungen und mit Rücksicht auf eine den Betriebsverhältnissen und der wirtschaftlichen Herstellung und Ausbesserung entsprechende Tolerierung der Lokomotiveinzelteile wurden die „Toleranzvorschriften für Einheitslokomotiven der Deutschen Reichsbahn-Gesellschaft“ aufgestellt. Diese geben für jedes bei den Einheitslokomotiven anzuwendende Einzelteil die Toleranzen an, wodurch eine vollständig übereinstimmende Fertigung bei allen Lokomotivbauanstalten und ein einwandfreier Bezug von Ersatzteilen gewährleistet ist.

Um die Einführung der Normen zu erleichtern und die einzelnen Firmen zu entlasten, werden die Normblätter, da sie selbst nur für den Bürogebrauch gedacht sind und infolge der tabularischen Mafsausführung und gedrängten Darstellung sich für die Werkstatt im allgemeinen nicht eignen, an zentraler Stelle für sämtliche Lokomotivfabriken in sogenannten Normwerkzeichnungen ausgewertet. Diese Normwerkzeichnungen sind den Bedürfnissen der Werkstatt entsprechend aufgezogen und enthalten alle für die Fertigung not-

wendigen Eintragungen. Bis heute liegen etwa 600 Stück dieser Normwerkzeichnungen vor.

In welchem Umfang die Normung schon praktisch durchgeführt ist, beweist die Tatsache, dafs bei der aus 5424 verschiedenen Teilen bestehenden 1 C 1-h 2-Personenzug-Tender-Lokomotive 1451 Normteile, 2842 Typenteile, d. h. Einzelteile, die bei möglichst vielen Lokomotivteilen Verwendung finden, und 1131 freie Konstruktionsteile verwendet werden.

Betrieb in technischer Beziehung; Signalwesen.

Verwendung von Lautsprechern und drahtloser Telephonie im amerikanischen Eisenbahnbetrieb.

Im Hauptbahnhof Saint Paul (Ver. Staaten) werden seit einiger Zeit Lautsprecher mit Erfolg verwendet. Mit ihrer Hilfe werden alle Zug- und Rangierbewegungen im Bahnhof geleitet. Die im Einfahrbahnhof eingelaufenen Züge werden nach 27 verschiedenen Gruppen ausgeschieden. Alle zum Zerlegen dieser Züge notwendigen Anordnungen werden vom Rangiermeister mittels Lautsprechers dem Stellwerkpersonal und den Abfängern übermittelt. Vor der Ankunft eines Zuges im Bahnhof wird das gesamte Personal durch Lautsprecher von der bevorstehenden Ankunft verständigt. Alle zum Freimachen von Gleisen und Weichenstrafsen erforderlichen Weisungen werden so auf schnellste und eindeutige Weise gegeben.

Seit Einführung der Signalgebung mittels Lautsprechers ist es gelungen, den Zugein- und- auslauf flüssiger zu gestalten. Langes Liegenbleiben von Zügen vor den Einfahrtsignalen konnte auf ein Mindestmafs beschränkt werden. Die Abwicklung aller Rangierbewegungen erfolgt reibungsloser und schneller als bisher. Rangierschäden wurden geringer, da diese Art der Verständigung viel genauer und eindeutiger ist, als alle bisher angewandten optischen und elektrischen Signalgebungen. Sie ist von den Witterungseinflüssen fast unabhängig. Das Anlernen von neu zugeteiltem Personal ist in kürzester Zeit möglich. Die Verwendungsmöglichkeit des gesamten Bahnhofpersonals wird dadurch vielseitiger, wodurch die Wirtschaftlichkeit des Bahnhofes bedeutend erhöht wird.

Der Bahnhof Saint Paul ist mit 29 Lautsprechern ausgestattet, die alle gut gehört werden. Die Anlagekosten betrugen 6000 Dollar. Schon kurze Zeit nach Inbetriebnahme der Anlage hatte sich das Personal vollständig an sie gewöhnt.

Auf der New Yorker Zentralbahn wurden Versuche mit drahtloser Telephonie zwischen Lokomotiv- und Zugbegleitpersonal zur Verständigung über das Ergebnis der Bremsprobe usw. mit Erfolg durchgeführt. Die dabei benutzte Einrichtung bestand auf der Lokomotive und beim Schlufsbremser aus je einer vereinigten Geber- und Empfängerstation. Die Belastung des Zuges bestand aus 115 Güterwagen mit Luftbremsung. Diese Art der Signalgebung wurde auch mit Erfolg zwischen Zug- und Stationspersonal angewandt. Überall war eine einwandfreie Verständigung möglich mit Ausnahme auf einer langen schweren Brücke. Scherer.

Bulletin, März 1927.

Ersparnisse im Verschiebedienst.

Die amerikanische Seaboard Air - Eisenbahn hat neuerdings 25 dreiachsige Lokomotiven für den Verschiebedienst beschafft, sie 16 Bahnhöfen zugeteilt und während 14 Tagen genaue Aufzeichnungen über ihre Leistungen und ihre Betriebskosten machen lassen. Sie ging dabei von dem Gedanken aus, dafs den Fortschritten des Lokomotivbaus bei der Beschaffung von Verschiebelokomotiven nicht genügender Wert beigelegt wird, dafs man aber mit Lokomotiven, die unter Anwendung neuzeitlicher Grundsätze besonders für den Verschiebedienst gebaut sind, bedeutende Ersparnisse im Betriebe erzielen könne. Diese Erwartung hat sich im vollen Umfang erfüllt.

Die Lokomotiven haben eine Zugkraft von 20,5 t; ihre Zylinderabmessungen sind 584 zu 711 mm; ihre Triebräder haben 1295 mm Durchmesser. Der Kessel arbeitet mit einem Dampfdruck von 14,4 at. Die Steuerung ist für eine Regel-Füllung von 65 % entworfen.

Der Kohlenverbrauch der neuen Lokomotiven betrug 31,8 kg für das Lok-km im Verschiebedienst, während die älteren Lokomotiven, die durch die neuen ersetzt worden waren, für die gleiche Leistung 37,8 kg Kohle verbraucht hatten. Es wurden mit den neuen Lokomotiven mehr Wagen in weniger Lokomotivstunden als früher bewegt; die Zahl der Wagen in der Lokomotivstunde stieg von 15,5 auf 18,8, die auf den einzelnen Wagen entfallenden Kosten gingen auf 10,7 Cents herunter, was eine Verminderung um ein knappes Fünftel bedeutet. Als Gesamtergebnis wird von den Beamten der Seaboard Air Eisenbahn die Feststellung angesehen, dafs das in den Lokomotiven angelegte Kapital sich mit 50 % verzinst habe. Ein Drittel der dabei erzielten Ersparnis entfällt auf den verminderten Kohlenverbrauch und auf verringerte Unterhaltungskosten, ein weiteres Drittel auf ersparte Löhne, ein geringer Anteil auf Ersparnisse im Heizhausbetrieb. Die Ersparnisse beruhen nicht etwa auf theoretischen Berechnungen, sondern sind das Ergebnis von Ermittelungen im praktischen Betrieb, wobei nur die Unterhaltungskosten geschätzt sind, für die natürlich der neue Zustand der Lokomotiven und die kurze Dauer des Beobachtungszeitraums keinen Mafsstab abgeben konnten. Wernekke.

Betrieb eines amerikanischen Zugbildungsbahnhofs.

Der Bahnhof Rutherford der Reading-Eisenbahn liegt etwa 9 km östlich von Harrisburg in Pennsylvanien. Im Jahre 1926 wurden in den Verschiebeanlagen dieses Bahnhofs 1385770 Güterwagen behandelt. Der gröfste Teil des den Bahnhof Rutherford in der Richtung nach Osten durchlaufenden Verkehrs besteht, namentlich in den Wintermonaten, aus Kohle; infolgedessen laufen in der Gegenrichtung zahlreiche Leerwagen.

Der Bahnhof liegt in einem Tal, der Raum für ihn ist daher in der Breite beschränkt. Der Bahnhof ist zum Teil aus diesem Grunde so eingerichtet, dafs die Wagen ihn in gerader Richtung durchlaufen. Er besteht für jede Richtung aus drei hintereinanderliegenden Gleisgruppen: den Einfahrtgleisen, den Ordnungsgleisen und den Ausfahrtgleisen. Die Einfahrtgleise für die eine Richtung liegen jeweils neben den Ordnungsgleisen und den Zufahrten zum Eselsrücken für die Gegenrichtung. Um jede der sechs Gleisgruppen führt ein Umfahrungsgleis. Die Personenzuggleise sind aufsen um den ganzen Güterbahnhof herumgeführt. Der Bahnhof hat im ganzen 84 Gleise, die 4976 Wagen aufnehmen können. Ihre Verteilung ist die folgende: für den Verkehr nach Osten: 11 Einfahrtgleise für 703 Wagen, 37 Ordnungsgleise für 1915 Wagen, 8 Ausfahrtgleise für 530 Wagen; für den Verkehr nach Westen: 8 Einfahrtgleise für 629 Wagen, 17 Ordnungsgleise für 979 Wagen, 3 Ausfahrtgleise für 220 Wagen. Im ganzen sind die Gleise des Bahnhofs ohne die durchgehenden Hauptgleise 112 km lang; in ihnen liegen 377 Weichen. Die Ordnungsgleise sind unter etwa 1 : 200 geneigt. Für die Richtung nach Westen werden die Weichen von Hand bedient, für die Richtung nach Osten sind druckluft-elektrische Einrichtungen vorhanden. Um den Betrieb in der Nacht ebenso wie am Tage fortsetzen zu können, ist besondere Vorsorge für taghelle Beleuchtung getroffen (sog. Flut-Beleuchtung). Die Mannschaften, die die abrollenden Wagen für den Verkehr nach Osten begleiten, werden durch einen Triebwagen zum Ablaufpunkt zurückgebracht; in der Gegenrichtung müssen sie zurücklaufen.

Die Zahl der Mannschaften, die die abrollenden Wagen begleiten, richtet sich nach den Vormeldungen über die Stärke der Züge. Es wird in drei Schichten gearbeitet. Im Februar 1926, dem verkehrsstärksten Monat mit 67493 in der Richtung nach Osten über den Eselsrücken gelaufenen Wagen, wurden beispielsweise von der ersten Schicht von 949 Mann 23762 Wagen in 14087 Gruppen beim Ablauf begleitet. Für die Richtung nach Westen waren die Leistungen, auf die Mannschaft bezogen, etwas höher, weil die hier anhaltenden leeren Wagen in gröfseren Gruppen abrollen.

Beschädigt einlaufende Wagen können in einer auf dem Bahnhof befindlichen Betriebswerkstatt in Stand gesetzt werden. Diese besteht aus einem Gebäude von 183/38 m Fläche mit vier Gleisen, auf denen 40 Wagen mit schwereren oder 52 Wagen mit leichteren Schäden aufgestellt werden können. Aufserdem können 318 Wagen, an denen kleinere Instandsetzungsarbeiten vorzunehmen sind, im Freien aufgestellt werden. Die Belegschaft der Werkstatt besteht aus 218 Mann; daneben arbeiten 113 auf dem Bahnhof. Die Werkstattgleise werden täglich mehrmals bedient, und es wird Wert darauf gelegt, die Wagen schnell in Stand zu setzen und sie dann so schnell wie möglich wieder auf den Weg zu bringen. Im Durchschnitt eines längeren Zeitraums hat der Aufenthalt eines Wagens auf den Werkstattgleisen rund 26 Stunden gedauert.

Im Laufe des Jahres laufen etwas über 1,25 Mill. Wagen über seine beiden Eselsrücken. Im Winter, der Zeit des stärksten Verkehrs,

beträgt der Tagesdurchschnitt etwas über 4000; die höchste erreichte Tagesleistung war 5191 Wagen in beiden Richtungen bei Arbeiten in drei Schichten, die höchste Schichtleistung in einer Richtung 1117. Alle 25 Sekunden lief also ein Wagen ab.

Auf den 37 Gleisen der Ostgruppe werden die Wagen nach 36 Zielen, auf den 17 Gleisen der Westgruppe werden sie nach 14 Zielen geordnet. In den ersten fünf Monaten des Jahres 1927 bestand jede Gruppe von gemeinschaftlich ablaufenden Wagen in der Richtung nach Osten durchschnittlich aus 1,65, in der Richtung nach Westen aus 2,45 Wagen. Die 1385770 Wagen des Jahres 1926 machten im Monatsdurchschnitt die Verwendung von 7,9 Lokomotiven mit 5807 Lokomotivstunden nötig. Im Jahre 1927 sind die Lokomotivleistungen, bezogen auf die Zahl der behandelten Wagen noch etwas verbessert worden. Wernekke.

Elektrische Bahnen; besondere Eisenbahnarten.

Vorläufiger Abschlufs der Elektrisierung der Österreichischen Bundesbahnen.

Wie die Schweizerischen Bundesbahnen, die für das Jahr 1928/29 eine Pause im weiteren Ausbau ihrer elektrisierten Strecken einzuschalten für nötig erachteten, — teils wegen des wirtschaftlichen Abbaues des Personals und der vielen vorhandenen Dampflokomotiven, teils wegen der sonst notwendig werdenden Errichtung neuer Kraftwerke — sind nun auch die Österreichischen Bundesbahnen zu dem Entschlufs gekommen, einen vorläufigen Stillstand in der Elektrisierung ihrer Bahnen eintreten zu lassen. Die Gründe sind einesteils solche der Kapitalbeschaffung, andernteils solche der Wirtschaftlichkeit. Sie sind näher in Aufklärungen enthalten, die Direktor Ingenieur Taussig von der Generaldirektion der Österreichischen Bundesbahnen der Öffentlichkeit gab und die sich auf die besonderen Wirtschaftlichkeitsberechnungen für die (noch nicht elektrisierte) Strecke Wien—Salzburg stützen. Wir entnehmen ihnen auszugsweise folgendes:

Direktor Taussig führte zunächst aus, dafs für eine Elektrisierung der genannten Strecke keine technische Notwendigkeit vorliege. Der elektrische Betrieb sei wohl im Gebirge dem Dampfbetrieb durchaus überlegen, in einem flachen Gebiet, wie es bei der Strecke Wien—Salzburg gegeben ist, sei aber die Dampflokomotive der elektrischen Maschine vollkommen gleichwertig und die Strecke Wien—Salzburg könne ebenso rasch mit den neuen Dampflokomotiven zurückgelegt werden, als mit elektrischen Lokomotiven. Besondere kommerzielle Gründe könnten unter Umständen wohl die Elektrisierung einer Bahnlinie notwendig machen; im vorliegenden Falle fehle jedoch jeder auswärtige Wettbewerb und damit entfalle auch der Zwang zur Änderung des bisherigen Systems.

Es verblieb also nur das reine Rentabilitätsprinzip, d. h. die Frage, welche Betriebsart wirtschaftlicher ist, die mit Dampflokomotive oder jene mit elektrischen Maschinen. Mit Rücksicht auf die aufserordentliche Bedeutung des gesamten Fragenkomplexes seien daher überaus eingehende und langwierige Berechnungen angestellt worden, um die pekuniären Vorteile, aber auch die Lasten des elektrischen Betriebes festzustellen. Als Berechnungsgrundlage wurde hierbei die Verkehrszahl des Jahres 1926 gewählt zuzüglich einer Steigerung von 20%, die dem Verkehr des Jahres 1930 wahrscheinlich entsprechen dürfte. Eine Gegenüberstellung des Für und Wider hat nun folgendes Bild ergeben:

Beim elektrischen Betrieb entfallen

1. Die Aufwendungen für die Kohle, die auf der Linie Wien—Salzburg 7½ Millionen Schilling ausmachen.
2. Mannschaftslöhne in der Höhe von 3,28 Millionen.
3. Instandhaltung der Dampflokomotiven mit 11 Millionen

Der Elektrisierung wurde auch noch die Verzinsung des Maschinenkapitals und die Tatsache der geringeren Veräufserung des Materials sowie der Rauchfreiheit mit 1 Million Schilling zugute gerechnet.

Die Lastenseite der Elektrisierung zeigt ihrerseits folgende Zahlen:

1. Kosten des elektrischen Stromes im Ausmafs von 118 Millionen Kilowattstunden, zu je 7 Groschen, 8,26 Millionen Schilling.
2. Instandhaltung der elektrischen Maschinen mit 8,6 Millionen.
3. Erhöhte Kosten für den Oberbau 1,1 Millionen.
4. Zinsendienst des Anlagekapitals.

Direktor Taussig berechnet die Kosten der Elektrisierung der Strecke Wien—Salzburg mit 180 bis 200 Millionen Schilling. Diese Summe müsse nun schätzungsweise mit 7,3% verzinst werden. Bei einer auf 30 Jahre berechneten Tilgung ergebe sich dazu noch eine Tilgungsquote von 0,96%, so dafs der jährliche Dienst des Anlagekapitals insgesamt 8,26% ausmache. Bringe man nun all die Aufwendungen, die sich aus der Elektrisierung ergeben, in Zusammenhang mit den pekuniären Vorteilen dieses Betriebes, so ergebe sich ein jährlicher Verlust von 9650000 bzw. 8650000 Schilling, je nachdem man die mit einer Million veranschlagten Vorteile des elektrischen Betriebes (Rauchfreiheit usw.) in Anrechnung bringt oder nicht.

Direktor Taussig behandelte sodann die Frage des Kohlenpreises und des Kohlenverbrauches der Bundesbahnen. Auf diesem Gebiete machen sich nun, wie die nachfolgende Aufstellung zeigt, die grundlegenden Verschiebungen am Kohlenmarkt und die technischen Verbesserungen im Lokomotivenbau in nachhaltiger Weise bemerkbar. So zeigt ein Vergleich, dafs für 1000 tkm verbraucht wurden: im Jahre 1923 157 kg Kohle, 1924 126, 1925 113, 1926 107, 1927 104 kg.

Die Summe, die in der gleichen Zeit für die im Betrieb der Bundesbahnen benötigte Kohle aufgewendet wurde, ist mit jedem Jahre geringer geworden. Sie betrug im Jahre 1923 100 Millionen Schilling, 1924 68,7 1925 50,9, 1926 44,9,

Der allgemeine Rückgang der Kohlenpreise spielt hierbei eine ebenso grofse Rolle, wie die oben angeführte Einsparung im Kohlenverbrauch der einzelnen Maschinen. Noch wichtiger als die beiden Faktoren ist aber die Tatsache, dafs durch die mittlerweile erfolgte Elektrisierung von mehreren hundert Kilometern der Kohlenbedarf gleichfalls eine sehr erhebliche Ermäfsigung erfahren hat.

Direktor Taussig behandelte sodann die Frage noch vom Standpunkte des Publikums, wobei er eine Einschränkung der Rauchplage für durchführbar erklärte, und vom Standpunkt des Arbeitslosenproblems, wobei er zeigte, dafs durch andere vordringliche Bestellungen der Österreichischen Bundesbahnen sowohl für die Arbeiterschaft als auch für die Industrie schädliche Folgen vermieden blieben. — Aus all den angeführten Gründen könne eine Weiterführung der Elektrisierung nicht mehr verantwortet werden. Ue.

Buchbesprechungen.

J. Jahn: Der Lauf von Eisenbahnfahrzeugen durch Gleiskrümmungen. Berlin 1927. Verlag der Verkehrswissenschaftlichen Lehrmittelgesellschaft m. b. H. bei der Deutschen Reichsbahn. 151 Seiten.

Der Verfasser stellt sich zunächst die Aufgabe, für Gleisfahrzeuge üblicher Achsanordnung diejenige „zwanglose Stellung“ genau zu bestimmen, welche sie „als Ergebnis der an den Auflagestellen der Räder auftretenden Reibungs- und der sonstigen auf sie ausgeübten äufseren Kräfte“ in Gleisbogen einzunehmen bestrebt sind. Diese wichtige Aufgabe ist bereits allgemein und in Anwendung auf die wichtigsten Lokomotivanordnungen naturwissenschaftlich exakt und praktisch brauchbar gelöst durch Uebelacker in dessen 1903 im „Organ“ veröffentlichten, vom V. D. E. preisgekrönten „Untersuchungen über die Bewegung von Lokomotiven mit Drehgestellen in Bahnkrümmungen“, der sich damit das Verdienst erworben hat, ein bis dahin völlig dunkles, schwieriges und wichtiges Gebiet aufgehellt zu haben. Der Verfasser sagt darüber in der Einleitung und im Vorwort des vorliegenden Buches, dafs Uebelacker die genannte Aufgabe bereits gelöst habe, und weiter wörtlich: „dies solle auch die seine sein, jedoch wolle er eigene Wege gehen, und die rechnerischen durch zeichnerische Verfahren ergänzen, er hoffe, zeigen zu können, dafs wir auf diese Weise zu weiteren Zielen und wichtigen Baugrundsätzen gelangen.

Er habe es unternommen, die Aufgabe bis zu den letzten Schlufsfolgerungen für alle nur denkbaren Achsanordnungen zu durchdenken." Dies mufs als Richtschnur für die Beurteilung des Buches dienen.

Die gekennzeichnete „zwanglose Stellung" ist mafsgebend für das Verhalten der Fahrzeuge in der Bahnkrümmung. Sie bestimmt zunächst die Gröfse der Richtkraft und des Schubes der Schiene auf die anlaufenden Räder; diese Richtkraft bzw. der „Schub" und die Fahrzeugstellung bestimmen wieder, zusammen mit dem Krümmungshalbmesser, den Krümmungswiderstand und die Abnutzung von Rad und Schiene, sowie, zusammen mit der Radbelastung, die Entgleisungsgefahr. Alle diese Zusammenhänge und Wirkungen hat Uebelacker in seiner genannten Arbeit, in einigen Punkten ergänzt durch meinen 1913 im Organ veröffentlichten Aufsatz „Zum Verhalten von Eisenbahnfahrzeugen in Gleisbogen", eingehend untersucht und klargelegt.

Wie löst nun Prof. Jahn die gekennzeichnete Aufgabe mit diesen Folgerungen auf eigenen Wegen? Er fängt ganz von vorne an, weist vor Eintritt in die eigentliche Aufgabe zunächst auf neue Art nach, dafs ein Fahrzeug mit steif im Rahmen gelagerten Achsen in der Bahnkrümmung eine Gleitschwenkbewegung um den Fufspunkt des vom Krümmungsmittelpunkt auf die Fahrzeuglängsachse gefällten Lotes macht, was an sich bereits bekannt war. Der gekennzeichnete Drehpunkt liegt auch nur dann auf der Fahrzeuglängsachse, wenn die Zugkraft Z des Fahrzeuges gleich 0 ist, welche Einschränkung der Verfasser nicht macht. Dieser bezeichnet ihn als „Pol", während er bisher, m. E. prägnanter, nach Vorgang von Uebelacker „Reibungsmittelpunkt" genannt wurde. Den Einwand des Verfassers gegen diese Bezeichnung, dafs sie für den Fall des Übergangs aus der Geraden an die Krümmung nicht zutreffe, kann ich nicht als stichhaltig anerkennen. Darauf wird zunächst für eine Einzelachse und dann für eine Gruppe von n in einem gemeinsamen Rahmen unverschieblich gelagerten Achsen die „Pollage" und die Gröfse der richtenden oder Richtkraft P, die das Fahrzeug gegen alle an ihm angreifenden äufseren Kräfte um den Pol gleitend schwenkt, ermittelt, und zwar auf Grund der Gleichgewichtsbedingungen, durch Ansetzen einer Gleichung der Momente und einer Gleichung der quergerichteten Komponenten der äufseren Kräfte, aber unter Vernachlässigung von Zugkraft, Fliehkraft und Tenderkupplungsseitenkraft und unter Annahme von Zweipunktberührung zwischen führendem Rad und Schiene. Für das Fahrzeug mit n steifen Achsen hat in grundsätzlich gleicher, äufserlich etwas anderer Weise, aber ohne diese Vernachlässigungen und Beschränkungen, Uebelacker diese Gröfsen in seiner genannten Arbeit bereits ermittelt. Das gleiche gilt für die Ableitung der geometrischen Begrenzung der zwanglosen Stellung dieser Achsanordnung, sowie für die Untersuchung sehr vieler sonst behandelter Achsanordnungen hinsichtlich zwangloser und geometrisch begrenzter Stellung. Die Untersuchung der Einzelachse ist neu, wenn sie auch leicht als Ausbau Uebelackerscher Ableitungen gewonnen werden könnte. Sie hat das für die spätere Anwendung auf Schwenkachsen wichtige Ergebnis, dafs auch eine Einzelachse ohne Schienenrichtkraft oder Spurkranzdruck im Bogengleis laufen kann.

Die vernachlässigten Kräfte, wie Zugkraft Z, Fliehkraft und Tenderkupplungsseitenkraft sind von wesentlichem Einflufs auf die „zwanglose" Stellung des Fahrzeuges, also seine „Pollage" oder „Polweite" und auf P, wie Uebelacker und ich in den genannten Arbeiten gezeigt haben. Diese Kräfte beeinflussen nicht nur die Polweite wesentlich, sondern Z verschiebt auch, wie Uebelacker nachgewiesen hat, den Pol aus der Längsachse des Fahrzeuges ganz erheblich nach der Seite heraus. Gegenüber diesem Grund, den der Verfasser nicht angibt, sind die von ihm angeführten Ursachen, da sie nur eine ganz geringe seitliche Verschiebung hervorrufen, belanglos. Die Kräftewirkung am anlaufenden Rad ist wesentlich abhängig von der Art der Berührung, ob Ein- oder Zweipunktberührung. Der Verfasser legt seiner ganzen Arbeit Zweipunktberühung zugrunde, obwohl er die m. E. noch offene Frage, ob sie wichtiger und häufiger als Einpunktberührung ist, nicht behandelt.

Der Zusammenhang zwischen Abnutzung, Kraft P und Pollage wird nicht genau untersucht. Eine hierauf bezügliche Anmerkung gilt für den einfacheren Fall der Einpunktberührung! Der Verfasser bezeichnet lediglich die Kraft P als „ungefähres Mafs" der Abnutzung, „freilich kein sicheres, weil die Stellung des Rades, also die Polweite, hierbei sicher auch eine grofse Rolle spielt". Tatsächlich kommt es wohl weniger auf die Polweite als auf ihr Verhältnis zum Krümmungshalbmesser, also den Anlaufwinkel, an. Bei Anlauf mehrerer Räder erachtet nun der Verfasser für die „Beanspruchung" von Rad und Schiene nicht den auftretenden Höchstwert P_{max}, sondern ΣP als einigermafsen ausschlaggebend. Ob das auch für die „Abnutzung" gelten soll, ist nicht klar; jedenfalls scheint mir ΣP gegen P_{max} überschätzt zu sein. Man braucht nur an die Bedeutung von P_{max} und ΣP bei Kuppelachsen für deren Laufzeit bis zum Reifenabdrehen und an die Entgleisungsgefahr zu denken. Die Überschätzung von ΣP ist auch wohl der Grund dafür, dafs der Verfasser allgemein Innenanlauf einer Hinterachse als ungünstig ansieht, obwohl dadurch, bei Lage der anlaufenden Hinterachse hinter dem Pol, die fast immer vorliegen dürfte, P_{max} und vor allem der Krümmungswiderstand, — den der Verfasser leider nicht behandelt —, merklich vermindert werden. Der Innenanlauf dürfte also anders zu werten sein, wie aus Uebelackers Untersuchungen klar hervorgeht und worauf noch jüngst Bäseler sehr nachdrücklich hingewiesen hat. Der Verfasser nennt übrigens P „Führungsdruck", während bisher, nach Vorgang von Uebelacker, der Schub U so bezeichnet wurde und ich in meiner genannten Arbeit P in Erfassung seiner allgemeinen Bedeutung „Richtkraft" genannt und seinen Unterschied vom „Führungsdruck" U scharf betont habe. Zur Vermeidung von Unklarheiten wäre es m. E. erwünscht, diese bisherigen Bezeichnungen beizubehalten.

Auch die Bedingungen der Entgleisungsgefahr werden nicht mathematisch formuliert, — was schon Boedecker und Uebelacker für Einpunktberührung geleistet haben —, es wird nur die Forderung: kleiner Anschneidwinkel und grofses Verhältnis des Raddruckes L zu P aufgestellt und ihre Erfüllung bei verschiedenen Achsanordnungen nachgeprüft. Tatsächlich ist aber hier, was nicht berücksichtigt wird, der Raddruck nicht gleich dem in der Geraden, sondern, wie ich in meiner genannten Arbeit nachgewiesen habe, stark geändert durch P und aufserdem bei Zweipunktberührung noch durch die Spurkranzreibung und die aufwärts gerichtete Komponente des Spurkranzdruckes.

Der Krümmungswiderstand, der ebenfalls von Uebelacker schon eingehend untersucht ist, wird, wie gesagt, vom Verfasser gar nicht behandelt.

Es mag jedoch hier erwähnt werden, dafs in den Punkten: Krümmungswiderstand, Einpunktberührung und ihr Einflufs auf die Kräftewirkung am anlaufenden Rad, ein Aufsatz von Jahn „Spurerweiterung oder nicht?" in der Zeitung des Vereins deutscher Eisenbahnverwaltungen 1927 sein vorliegendes Buch wertvoll ergänzt.

Auf der besprochenen Grundlage, die also, von der Einzelachse abgesehen, in grundsätzlich gleicher, aber genauerer und umfassenderer Weise bereits von Früheren, besonders von Uebelacker, gelegt ist, errichtet nun der Verfasser seine eigentlich neuen, wertvollen Untersuchungen, zunächst die allgemeine und zahlenmäfsige Anwendung seines gekennzeichneten Verfahrens zur Bestimmung der zwanglosen und erzwungenen Pollage und der Gröfse der zugehörigen P auf eine grofse Anzahl gebräuchlicher Achsanordnungen von Gleisfahrzeugen aller Art, so besonders — über alle früheren Bearbeiter hinaus — auf ein Hauptgestell mit hinterem unverschieblichem zweiachsigem Drehgestell, ein Hauptgestell mit hinten liegender Schwenk- oder Deichselachse, ein Hauptgestell mit hinten und vorne liegender Schwenkachse mit und ohne Rückstellvorrichtung, ein Hauptgestell mit hinten liegendem Kraufs-Drehgestell mit und ohne Rückstellvorrichtungen, Fahrzeuge beliebiger Achsanordnung ohne Rückstellvorrichtung, die miteinander in einem Punkte ihrer Längsachse durch einen Kuppelbolzen verbunden sind, zweiachsige Fahrzeuge, deren vordere Achse einen von 90° abweichenden Winkel mit der Fahrzeuglängsachse bildet, zweiachsige Fahrzeuge mit freien und gekuppelten Lenkachsen. Daneben sind die von Uebelacker und mir bereits, aber unter etwas anderen Gesichtspunkten, behandelten Achsanordnungen untersucht: n unverschiebliche Achsen n in einem Rahmen gelagerte Achsen, von denen eine oder mehrere verschieblich sind, ein Hauptgestell mit vorderem, gegen eine Rückstellkraft verschieblichem Drehgestell, ein Hauptgestell mit vorderer Schwenkachse, mit und ohne Rückstellvorrichtung, ein Hauptgestell mit vorderem Kraufs-Drehgestell. Für alle diese Anordnungen werden allgemein und zahlenmäfsig bestimmt und verglichen die Polweiten und die verschiedenen P für zwanglose Stellung und deren Bereich. Für den zahlenmäfsigen Vergleich wird ausgegangen von einer gebräuchlichen C-Anordnung und diese unter Beibehaltung der Radstände und Raddrücke, mit planmäfsig geänderten Zapfenabständen und Deichsellängen zu den

verschiedenen untersuchten Achsanordnungen entwickelt. Dadurch wird eine brauchbare Vergleichsgrundlage geschaffen. Ausführlich wird der Einflufs einer Lagenänderung von Kupplungszapfen und Drehzapfen und einer Änderung der Deichsellänge, sowie der von Rückstellvorrichtungen auf P und die Pollage bei den verschiedenen Anordnungen untersucht. Dies führt namentlich für das Verhalten der Schwenkachsen zu praktisch wertvollen neuen Aufschlüssen und zu Zerstörung bisher allgemeiner Irrtümer. Es wird das ganz verschiedene Verhalten einer Rückstellvorrichtung bei Vor- und Rückwärtsfahrt in helles Licht gesetzt und auf seine praktische Bedeutung hingewiesen. Für geschobene und gezogene Schwenkachsen ohne Rückstellvorrichtung werden die Kriterien für Anlauf und Freilauf entwickelt. Verblüffend ist das Ergebnis, dafs eine 1 C 1-Anordnung mit hinterer und vorderer Schwenkachse sich so bauen läfst, dafs sie überhaupt nicht anläuft. Für ein Fahrzeug mit Kraufs-Gestell wird festgestellt, wie grofs eine Rückstellkraft an der Deichselachse gegenüber einer an der Verschubachse vorgesehenen sein mufs, wenn in beiden Fällen das Fahrzeug die gleiche Stellung einnehmen soll. Von den behandelten Achsanordnungen werden nicht alle möglichen Stellungen, sondern im allgemeinen nur die zwanglose und ihre geometrische Grenze untersucht, während Uebelacker bereits überall den inneren Anlauf einer Hinterachse untersucht. Der vom Verfasser für diese Beschränkung angeführte Grund, dafs „Innenanlauf einer Hinterachse Rad und Schiene stärker beanspruchen“, leuchtet mir nicht ein. Die Rückstellkraft wird bis auf das Beispiel einer 2 C-Lokomotive überall als mit dem Ausschlag oder der seitlichen Verschiebung des Drehgestelles oder der Deichsel unveränderlich angesehen und für Annahme eines als zweckmäfsig erachteten P berechnet. Tatsächlich ist sie wohl meistens eine Funktion des Ausschlages, also auch des durchfahrenen Krümmungshalbmessers R und der Polweiten, sind also hier die Polweiten und die P- und U-Kräfte auch von R abhängig — und zwar sehr stark —, so dafs das angenommene zweckmäfsig gewählte P nur für ein ganz bestimmtes R gilt, bei jedem anderen aber nicht! Uebelacker hat diese Abhängigkeit in seiner Untersuchung allgemein beachtet und hat eine veränderliche Rückstellkraft seinen Ausführungen zugrunde gelegt.

Fahrzeuge beliebiger Achsanordnung, miteinander in einem Punkt ihrer Längsachse durch einen Kuppelbolzen verbunden, sollen den „Fall der Kupplung zwischen Lokomotive und Tender verkörpern“, die zwar heute, wie der Verfasser selbst erklärt, fast nie diese Form hat, sondern eine Zuglasche mit zwei Kupplungsbolzen und, zur Unterdrückung von Eigenschlingerbewegungen der Lokomotive, oft seitliche flache oder keilförmige Reibungspuffer besitzt. Der Verfasser will nun durch die Untersuchung der genannten Anordnung die Frage der Brauchbarkeit dieser einfachsten Form einer Tenderkupplung mit einem Kuppelbolzen, die „in einfachster Weise selbständige Schlingerbewegungen ausschliefst“, beantworten. Er legt dieser Untersuchung eine C-Lokomotive und einen dreiachsigen Tender mit lauter unverschieblichen Achsen zugrunde, verschiebt den Kupplungspunkt in sehr weiten Grenzen und kommt zu dem Ergebnis, dafs wegen zu grofsem $\frac{P}{L}$ an der letzten aufsen anlaufenden Tenderachse bei Rückwärtsfahrt diese Anordnung sich nicht empfehle, läfst aber ihren Wert bei anderen Achsanordnungen offen. Dabei gilt für die Ermittlung von $\frac{P}{L}$ das oben Gesagte. M. E. sind aus noch anderen Gründen allgemein die gebräuchlichen Kupplungen dieser einfachsten überlegen und ist bei ihnen die durch die Kupplungslasche erzeugte „unerwünschte allgemeine Beweglichkeit“ oft befriedigend vermieden. Bei der Mallet-Anordnung liegen m. E. die Dinge infolge Vorhandenseins einer Rückstellvorrichtung doch etwas anders, so dafs die Untersuchungen des Verfassers hierauf nicht ohne weiteres anwendbar sein dürften.

In den Ausführungen über Lenkachsen und schräggestellte Achsen werden sehr verwickelte Zusammenhänge zum erstenmal aufgedeckt und entwirrt und daraus interessante Schlüsse gezogen; hier ist das Ergebnis der Berechnung allerdings besonders stark abhängig von der Art der Berührung zwischen Rad und Schiene, von der genauen Lage und Richtung von P, die vom Verfasser nur angenähert bestimmt werden.

In dieser sehr umfassenden Untersuchung der Anwendungen wird das Verhalten der meisten gebräuchlichen Achsanordnungen ganz wesentlich aufgeklärt und werden wichtige Gesichtspunkte für ihren Bau gewonnen.

Der Verfasser ermittelt nun die zwanglose Stellung und P von Gleisfahrzeugen nicht nur für den Beharrungszustand in der Krümmung, sondern auch — für ein steifachsiges Fahrzeug — für den Übergang aus der Geraden in die Krümmung und aus dieser in die Gerade, bietet auch hierin völlig Neues. Er weist u. a. nach, dafs hier, im Gegensatz zum Beharrungszustand, die Ziffer der Reibung zwischen Rad und Schiene die Polweite und P beeinflufst und ermittelt diejenige Massenverteilung, bei der das Fahrzeug in der Krümmung selbst und beim Übergang in diese mit der gleichen Polweite läuft, also — bei unveränderter Reibungsziffer — ohne Schlingern in die Krümmung ein- und aus dieser ausläuft. Das Zahlenbeispiel zeigt den grofsen Einflufs der Massenwirkungen beim Durchfahren von Weichen. Die vom Verfasser auch hier gemachte Voraussetzung, dafs die Fliehkraft durch die Überhöhung der Aufsenschiene genau ausgeglichen sei, dürfte allerdings wohl oft nicht zutreffen.

Das vom Verfasser angewandte rechnerische Verfahren zur Bestimmung der zwanglosen Stellung der Gleisfahrzeuge ist sehr umständlich, namentlich da seine Gleichungen meist nicht algebraisch, sondern nur durch Probieren lösbar sind. Ein einfacheres Verfahren ist sehr erwünscht. Es wird nun vom Verfasser ein neues zeichnerisches gegeben, das für die meisten vorkommenden Achsanordnungen, mit Ausnahme der Lenkachsen, anwendbar ist, aber für mehr als eine äufsere Kraft und eine Achszahl von mehr als zwei auch wieder umständlich wird, viel Platz verlangt und leicht unsichere Schnitte gibt. Der Verfasser wendet es auch bei seinen Zahlenbeispielen nicht an. Ich habe in meiner genannten Arbeit auf Grund des von mir gefundenen Gesetzes, dafs das Fahrzeug sich so zu stellen sucht, dafs die Richtkraft ein Minimum wird, ein erheblich einfacheres, in gleichen Grenzen anwendbares, zeichnerisches Verfahren entwickelt, das der Verfasser kurz erwähnt und mit dem seinen kritisch vergleicht. Es gibt die Polweite als Subtangente einer Tangente an die Kurve der Momente der Radreibungswiderstände und bestimmt die Richtkraft durch die Richtung der Tangente an diese Kurve, also die Polweite zwar nicht genau, aber die Richtkraft, auf die es ja vor allem ankommt, genau. Dafs der „Berührungspunkt der Tangente schwerer genau zu erfassen“ ist als die Schnittpunkte des Jahnschen Verfahrens, ist also kaum ein Nachteil. Eine Änderung der Raddrücke ist bei meinem Verfahren allerdings nicht ganz so einfach zu erfassen, einfacher aber die praktisch wohl wichtigere Verschiebung des Angriffspunktes der Richtkräfte und das Auftreten beliebiger äufserer Kräfte, wie Fliehkraft, Tenderkupplungsseitenkraft u. a., auch einer zweiten Richtkraft bei Innenanlauf. Ferner gibt mein Verfahren unmittelbar den angenäherten Krümmungswiderstand an.

Das Buch bietet eine wertvolle Bereicherung und Vertiefung der Erkenntnis auf einem schwierigen und wichtigen Gebiete, entwickelt neue Ziele und Baugrundsätze, zeigt vor allem dem Konstrukteur, wie er durch Änderung der Abmessungen den Bogenlauf verbessern kann, was alles in der Praxis sehr fruchtbar verwertet werden könnte, in der leider noch immer sehr unklare Vorstellungen über den Kurvenlauf bestehen. Noch nie sind bisher die gebräuchlichen Achsanordnungen so vollständig behandelt und miteinander verglichen worden. Zu bedauern bleibt wohl, dafs der Verfasser nicht auf das vorhandene Gute aufgebaut, sondern den Gegenstand von Grund aus neu bearbeitet hat, so dafs ein grofser Teil seiner Gedankenarbeit in Wiederholung von Vorhandenem besteht und die früheren Arbeiten, weil von mehreren aufeinander aufbauenden Verfassern herrührend, die Grundlagen und teilweise auch die Anwendungen schon umfassender und genauer behandeln, als es vom Verfasser allein im ersten Wurf im vorliegenden Buche geboten ist.

Prof. Dr. Ing. Heumann.

Jubiläums-Sonderheft zum 50 jährigen Bestehen von Glasers Annalen, herausgegeben von der Deutschen Maschinentechnischen Gesellschaft Berlin, Verlag F. C. Glaser, 30 ℳ.

Das Heft wurde anläfslich des 50 jährigen Bestehens der Zeitschrift als Festschrift herausgegeben und bietet in seinem stattlichen Umfange von 332 Seiten und vielen Abbildungen einen reichhaltigen Stoff, überwiegend aus dem Gesamtgebiet des Eisenbahnmaschinenwesens, dar. Herren der Hauptverwaltung der Deutschen Reichsbahn-Gesellschaft wie des Reichsbahn-Zentralamtes haben dazu wertvolle Beiträge geliefert. So verbreitet sich Reichsbahndirektor Fuchs über Erfahrungen, die bei der Typisierung der neuen Einheits-

lokomotiven gesammelt und verwertet wurden, Ministerialdirektor Dr. Anger gibt einen orientierenden Überblick über die Frage der Einführung von durchgehenden Güterzugbremsen bei den europäischen Eisenbahnverwaltungen und Geh. Baurat Dr. Ing. Kühne wirft einen Ausblick auf die weitere Entwicklung des Werkstättenwesens und der Werkwirtschaft der Deutschen Reichsbahn-Gesellschaft. — Aus dem reichen Versuchsmaterial des Reichsbahn-Zentralamtes über Dampflokomotiven veröffentlicht Professor Nordmann einige neuere Ergebnisse, während Reichsbahnoberrat Wagner und Reichsbahnbaumeister Witte die von der Deutschen Reichsbahn-Gesellschaft als Versuch zur Erweiterung des Wärmegefälles beschafften Turbolokomotiven besprechen. — Die wirtschaftlich bedeutungsvolle Kleinarbeit der Normung im Lokomotiv- und Wagenbau wird von den Reichsbahnoberräten Illgen und Klein behandelt, die neue elektrische Zugbeleuchtung von Reichsbahnoberrat Breuer.

Auch aus dem Gebiete des Bauingenieurs sind Fragen behandelt: so schreibt Reichsbahnoberrat Füchsel über neuere Schweifsverfahren bei der Verlegung des neuen Oberbaues, Reichsbahndirektor Dr. Ing. Schaper über die Fortschritte im Bau eiserner Brücken und Reichsbahndirektor Stäckel über Neuerungen im Sicherungswesen der Deutschen Reichsbahn.

Das Gebiet der Elektrisierung ist vertreten durch einen Aufsatz von Reichsbahndirektor Wechmann: Mitteilung über den elektrischen Fernzugbetrieb der Deutschen Reichsbahn-Gesellschaft, von Ministerialdirektor Professor Dr. Ing. Gleichmann: „Über die Nutzbarmachung von Wasserkräften“ und andere Beiträge.

Weitere Aufsätze behandeln Fragen des Werkstätte- und Stoffwesens und der Wärmewirtschaft. — Patentrechtliche Fragen bilden den Schlufs des Bandes. Ue.

Locomotive Cyclopedia of American Practice, 8. Ausgabe, 1927, herausgegeben von der maschinentechnischen Gruppe der Vereinigung der amerikanischen Eisenbahnfachleute. Verlag Simmons-Boardman Publishing Co., London SW 1, 34 Victoria St.

Die neue Ausgabe des Werkes, auf das schon früher hingewiesen wurde*), ist vor allem durch die Aufnahme verschiedener Neuerungen ergänzt worden, die seit dem Erscheinen der letzten Ausgabe im nordamerikanischen Lokomotivbau in Erscheinung getreten sind. Die Dreizylinderlokomotive und die Gelenklokomotive mit einfacher Dampfdehnung sind eingehender behandelt als bisher; die Hochdrucklokomotiven sowie die Achsanordnungen 1 D 2, 1 E 2, 2 E 1 und 2 F 1 sind neu aufgenommen worden. Die Bauart der Hochdruckkessel und der neuen zweiachsigen Schleppgestelle sowie der Einbau von Hilfsmaschinen in diese und in die dreiachsigen Tenderdrehgestelle wird beschrieben. Neu hinzugekommen sind ferner Abschnitte über die selbsttätigen Zugbeeinflussungsvorrichtungen sowie über Lokomotiven und Triebwagen mit Antrieb durch Verbrennungsmotoren.

Das Werk ist 1372 Seiten stark und kostet 21,— ℳ, in Leder gebunden etwa 30,— ℳ. Die nächste Ausgabe soll erst 1930 erscheinen. Was früher über den Wert des Buches gesagt wurde, wird für die neue Ausgabe noch mehr gelten. R. D.

*) Organ 1926, S. 54.

Zuschrift an die Schriftleitung.

Dynamische Messungen am Eisenbahnoberbau.

Mit Genugtuung habe ich von den Ausführungen der Herren Dr. Saller und Dr. Geiger im Organ 1927, Heft 8 Kenntnis genommen, die in wissenschaftlich-objektiver Weise dem handlichen Okhuizen-Dehnungsmesser seinen Platz zwischen den Mefsgeräten einräumen. Es würde an sich keine Veranlassung zu einer weiteren Auseinandersetzung bestehen. Dennoch finde ich eine solche in den Worten Sallers: „Ich glaube allerdings, dafs es ein Hauptzweck der Messungen sein mufs, die äufsersten Beanspruchungswerte, die einer Berechnung zugrunde zu legen sind, zu ermitteln und nicht nur die Mittelwerte.“ Hierin liegt ein so grundsätzlicher Meinungsunterschied, dafs ich es zur Klärung der wichtigen Fragen, die damit zusammenhängen, für notwendig halte, meinen Standpunkt weiter anzudeuten. Hauptsache ist ja, wie Dr. Saller richtig sagt, der Wahrheit näher zu kommen.

Saller hatte angeregt, mit dem Okhuizenapparat einige Vergleichsversuche zu machen, wie sie für den Geigerapparat auf Seite 427, Heft 21, 1926 erwähnt sind. Diese Ergebnisse seien zunächst mitgeteilt. Zum besseren Verständnis werden hier die Abb. 4 und 5a aus Heft 21, Taf. 37 1926 als Abb. 1 und 2 nochmals abgedruckt und sodann die Abb. 3a und 3b angefügt, die in wirklicher Gröfse den Ausschlag des Okhuizenapparats angeben, wenn ein Schlag mit einem im ganzen 13 kg schweren Kramphammer, der aus einer Höhe von etwa 50 cm fiel, ausgeübt wird, wie in Abb. 1 dargestellt. Der Abstand der Punkte a und b war aber nicht 2,80 m, sondern er betrug nur drei Schwellenabstände, in diesem Falle etwa 2,40 m. Wie man sieht sind die Abb. 2 und 3a und 3b grundsätzlich dieselben: auch der Okhuizen hat Ausschläge beiderseits der Nullinie ergeben und somit Schwingungen aufgeschrieben. Die Ausschläge betragen aber nur 25 bis 50 kg/cm², sind also weit geringer als bei Geiger, wo sie unter etwa gleichen Verhältnissen rund 700 kg/cm² betragen haben. Ein derartiges Ergebnis war zu erwarten wegen der viel kleineren Masse des Okhuizenapparats und wegen der gröfseren Reibung (Dämpfung).

Von der Erklärung, die Dr. Geiger über die Aufzeichnung seines Apparats beim Kramphammerschlag gibt, habe ich mit lebhaftem Interesse Kenntnis genommen. Wenn, wie Dr. Geiger sagt, zu beachten ist, dafs durch einen Schlag nicht nur die Schienen, sondern auch der Apparat selbst in Eigenschwingungen versetzt wurde und, was ich hinzufüge, sich durch diesen verhältnismäfsig leichten Schlag von 13 kg aus 50 cm Höhe in 2,80 m Entfernung eine Aufzeichnung von nicht weniger als etwa 700 kg/cm² zeigt, fragt es sich natürlich, was Geiger wohl lediglich als Folge der Eigenschwingungen aufgezeichnet hat, wenn die riesigen Massen eines mit 90 km Geschwindigkeit fahrenden Zuges über die Schienen dahinstürmen und nicht allein die Stöfse unverhältnismäfsig gröfser sind, sondern auch durch die aufeinander folgenden Stöfse sich die Schwingungen überlagern können!

Was in solchem Falle geschieht, wird vielleicht zum Teil durch Untersuchungen mit dem Schütteltisch aufgeklärt werden können. Es ist nämlich möglich, einen Dehnungsmesser derart auf dem Schütteltisch zu befestigen, dafs das ganze Gehäuse des Apparats die Schwingungen mitmacht, wie es ja auch bei Spannungsmessungen geschieht. Wenn es dann obendrein gelingt, die Zahl der Schwingungen des Schütteltisches wenigstens annähernd zur Zahl der Schwingungen eines Gleises zu steigern, kann wohl festgestellt werden, wie sich die Apparate in dieser Lage verhalten. Derartige Beobachtungen sind meines Wissens noch nicht gemacht; es wäre von grofser Bedeutung, hierüber Näheres zu erfahren.

Betreffs der Aufzeichnungsart des Okhuizenapparats mufs ein Irrtum seitens Dr. Saller vorliegen, da niemals ein Gerät mit Bleistiftspitzen angefertigt wurde; immer wurde die Aufzeichnung mittels feiner Neusilberspitzen auf Indikatorpapier durchgeführt.

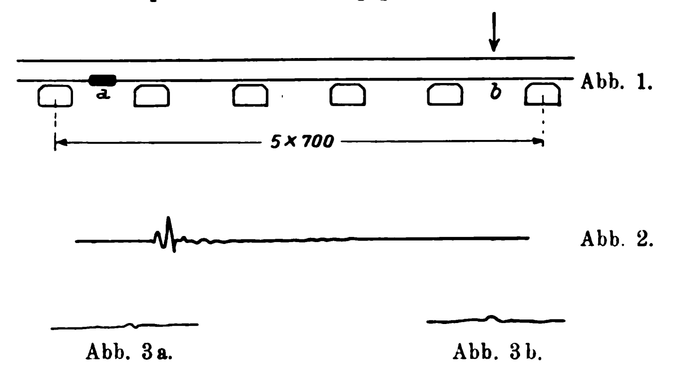


Abb. 1.
Abb. 2.
Abb. 3a. Abb. 3b.

Dafs für Messungen an Brücken eine kleine Mefslänge nicht von so grofser Bedeutung ist und man da eine etwas gröfsere vorzieht, wie Dr. Saller schreibt, ist m. E. nicht richtig. Wenn man z. B. die Spannungen in Knotenblechen ermitteln will, ist eine kleine Mefslänge unentbehrlich; 20 cm ist in diesem Falle viel zu viel.

Bei den Einwendungen Dr. Geigers gegen Abb. 2 auf Taf. 37/1926 ist die Theorie der Wahrscheinlichkeitsrechnung gänzlich übersehen. Es ist zwar möglich, die verschiedenen Schwingungen derart zu lagern, dafs sich ein Mittelwert ergibt, der weit über den einzelnen Ausschlägen liegt. Da jedoch die Lage der Phasen der Schwingungen zueinander ganz zufällig ist — die Schienenstöfse sind ja beileibe nicht die einzigen Ursachen für das Auftreten von Schwingungen — so folgt diese Lagerung theoretisch den Gesetzen der Wahrschein-

lichkeitsrechnung. Man kann daher aus rein mathematischen Gründen behaupten, dafs theoretisch bei einer unendlichen Zahl der Beobachtungen der Mittelwert Null ist. Das wird natürlich niemals erreicht, aber eine Abweichung von etwa 25% ist, wie aus den wirklich gemachten Beobachtungen hervorgeht, keinesfalls unwahrscheinlich.

Dafs der Okhuizenapparat alles auf dem dynamischen Gebiet verschweigt, kann ich nicht zugeben; dafs dies nicht der Fall ist, folgt ohne weiteres aus der Überlegung, dafs auch bei den Beobachtungen mit dem Okhuizenapparat ein Unterschied zwischen Spannungen bei langsamer und bei schneller Fahrt festgestellt wurde. Eine derartige Erscheinung ist doch zweifellos dynamischen Einflüssen zuzuschreiben. Dafs der Okhuizenapparat nichts anderes als die statischen Spannungen gebe, ist also m. E. nicht richtig.

Ich komme nunmehr zu der anfangs angeführten Äufserung Sallers. Nehmen wir an, es wäre gelungen, ein derartiges Mefsgerät zu schaffen, das uns Ausschläge gibt, die mit einer Schwingungszahl von etwa 60000 in der Minute übereinstimmen. Zweifellos würde man finden, dafs diese Ausschläge auf sehr grofse Verlängerungen, die wir den Spannungen proportional setzen, zurückzuführen sind; schon jetzt sollen ja Spannungen aufgezeichnet sein, die sich in der Nähe der Elastizitätsziffer bewegen. Müssen wir daraus nicht den Schlufs ziehen, dafs wir bis jetzt unsere Züge rücksichtslos über die ungenügend berechneten Schienen haben verkehren lassen? Müssen wir eine Stofsziffer von vielleicht zwei oder drei in die Rechnung einsetzen unter Beibehaltung der jetzigen zulässigen Spannungen, also die Schienen sehr viel schwerer machen? Denn die zulässige Spannung im Verhältnis zur Stofsziffer hinaufsetzen dürfen wir natürlich nicht, da man doch immer die Spannung um einen erheblichen Wert unter der Elastizitätsziffer halten mufs, um die Unvollkommenheiten in der Rechnung (die bleiben ja immer), im Schienenstahl, in der Auflagerung, in der Unterhaltung usw. zu berücksichtigen. Oder müssen wir vielmehr sagen, dafs wir nun wohl die sehr hohen Spannungen gefunden zu haben glauben, dafs aber diese harmlos sind, weil die Schienen erfahrungsgemäfs im allgemeinen nicht brechen? Wir wissen ja gar nicht inwieweit eine sehr hohe Spannung, die nur so kurze Zeit anhält, wie es bei Schwingungen von etwa 60000 in der Minute geschieht, gefährlich ist. Auch wissen wir nicht inwieweit bei solchen Spannungen das Hookesche Gesetz gültig ist und welche Folgen eintreten würden, wenn dieses Gesetz nicht gilt.

Meines Erachtens können wir praktisch mit den Spannungsmessungen nur versuchen, so genau wie möglich festzustellen, welche Beziehungen zwischen Belastung, Berechnung und Ausführung bestehen. Wenn wir z. B. eine bestimmte Rechnungsweise haben, die sich der Belastung so genau wie möglich anpafst und wir nun die zulässige Spannung feststellen wollen, so kann man nur in der Art verfahren, dafs man sich einige Oberbauarten aussucht, die gerade noch oder gerade nicht mehr einer bestimmten Belastung genügen; dann müfste man auf diese Oberbauarten die Rechnungsweise anwenden und die so errechnete Spannung als die höchst zulässige bezeichnen.

Dennoch sind die Versuche, vom wissenschaftlichen Standpunkt die „äufsersten Beanspruchungswerte“ festzustellen, natürlich von sehr grofser Bedeutung. Ob es aber jemals gelingen wird, das alles zu klären? Die Natur ist sehr schwer zu erfassen! Und wie Dr. Saller sagt, geht aus dem Preisausschreiben der Deutschen Reichsbahn-Gesellschaft hervor, dafs wir wahrscheinlich noch weit entfernt sind vom Besitze eines Mefsgerätes, das uns das gewaltige Gebiet der auftretenden Schwingungen erschliefst. Auch ich habe stark den Eindruck bekommen, dafs wir das Ziel, wenn überhaupt je, sehr schwer erreichen werden. Um so mehr aber verdienen die beharrlichen Arbeiten Anerkennung, denen sich Dr. Saller, Dr. Geiger und andere mehr unterziehen, volle Anerkennung als schwierige Schritte auf dem Wege zum Ziel.

Ing. Ch. Driessen,
Vorst. der Oberbauabt. der Niederländischen Staatsbahn, Utrecht.

Abschliefsend möchten wir zu dem in der vorstehenden Frage entstandenen Meinungsaustausch folgendes bemerken:

Die Angaben des Okhuizen- und des Geigerapparats gehen für eine annähernd gleiche Stofsbeanspruchung so weit auseinander, dafs die Erklärung nur in den Eigenheiten der beiden Apparate gefunden werden kann. Wahrscheinlich verzeichnet der Okhuizenapparat zu geringe Schwingungsausschläge, da die mehrfache Hebelübersetzung verhältnismäfsig schwere Schreibhebel erfordert und die Zapfenreibung dämpfend wirkt. Dagegen dürfte der Geigerapparat von schnellenden Eigenbewegungen nicht frei sein, so dafs rasche Ausschläge vergröfsert aufgezeichnet werden. Beide Apparate müfsten also mit einem Gerät geeicht werden, das von störenden Eigenbewegungen frei ist: als solches kommt nur ein photographisches Verfahren in Frage, bei dem der masselose Lichtstrahl die Vergröfserung liefert.

Die Schriftleitung: Dr. Bloss.

Verschiedenes.

Bildung eines Fachausschusses für Anstrichtechnik.

Über die wirtschaftliche Bedeutung des Schutzes aller industriellen Erzeugnisse und Bauwerke gegen Zerstörung durch Oxydation, Korrosion usw. ist kaum noch ein Wort zu verlieren. Ungeheure Vermögensteile würden in kurzer Zeit vernichtet werden, wenn man auf den Schutz durch Anstriche verzichten wollte. Die erzeugende und die verbrauchende Industrie sind mit allen Mitteln bestrebt, die Güte der Anstrichstoffe zu heben und die Kosten zu verringern. Den Hauptanteil an den Kosten des fertigen Anstrichs bilden aber heute fast durchweg noch die Löhne des Handwerks. Mafsgebende Kreise des Malergewerbes verschliefsen sich aber nicht der Notwendigkeit, in wachsendem Mafse auch hier Maschinenarbeit einzuführen. In der Fachpresse wird geradezu die Mitwirkung der Ingenieure bei der Entwicklung mechanischer Streichverfahren und zugehöriger Einrichtungen dringend verlangt. Sowohl für die wissenschaftlichen Grundlagen der Anstriche als für die zweckmäfsigste und wirtschaftlichste Auswahl und Ausnutzung der Werkstoffe sind eingehende wissenschaftliche Untersuchungen notwendig. Der beim Verein deutscher Ingenieure vor einem Jahre gebildete Fachausschufs für Anstrichtechnik, in dem führende Fachleute der erzeugenden und verbrauchenden Industrie, des Handwerks und der Wissenschaft zusammenwirken, hat unter tatkräftiger Förderung der Grofsverbraucher (Eisenbahn, Marine, Heeresverwaltung u. a.) die Inangriffnahme dringender wissenschaftlicher Arbeiten gefördert. In verschiedenen Hochschul- und Privatinstituten und in Laboratorien der Industrie werden jetzt physikalische, chemische und technologische Versuchsreihen in Angriff genommen. Dabei sind vier Gruppen zu unterscheiden:

1. Anstrichstoffe und Ölgrundlage. Zunächst handelt es sich hier um die Untersuchung der für Rostschutzfarben zweckmäfsigsten Bindemittel. Weiter um die Wechselwirkung zwischen Körperfarben und Bindemitteln und ihr Einflufs auf die Haltbarkeit der Anstriche. Die zu untersuchenden Pigmente oder Farbkörper sind Zinkfarben, Bleifarben, Eisenfarben, weiter Titanfarben, Chromfarben, Glimmerfarben und schliefslich Lithoponefarben, die Bindemittel Leinöl und Holzöl.

Dieser ersten Gruppe reihen sich die Untersuchungen der Anstrichstoffe auf Zellulosegrundlage an, die in Deutschland insofern grofse Bedeutung haben, als ihre Herstellung aus heimischen Rohstoffen erfolgt.

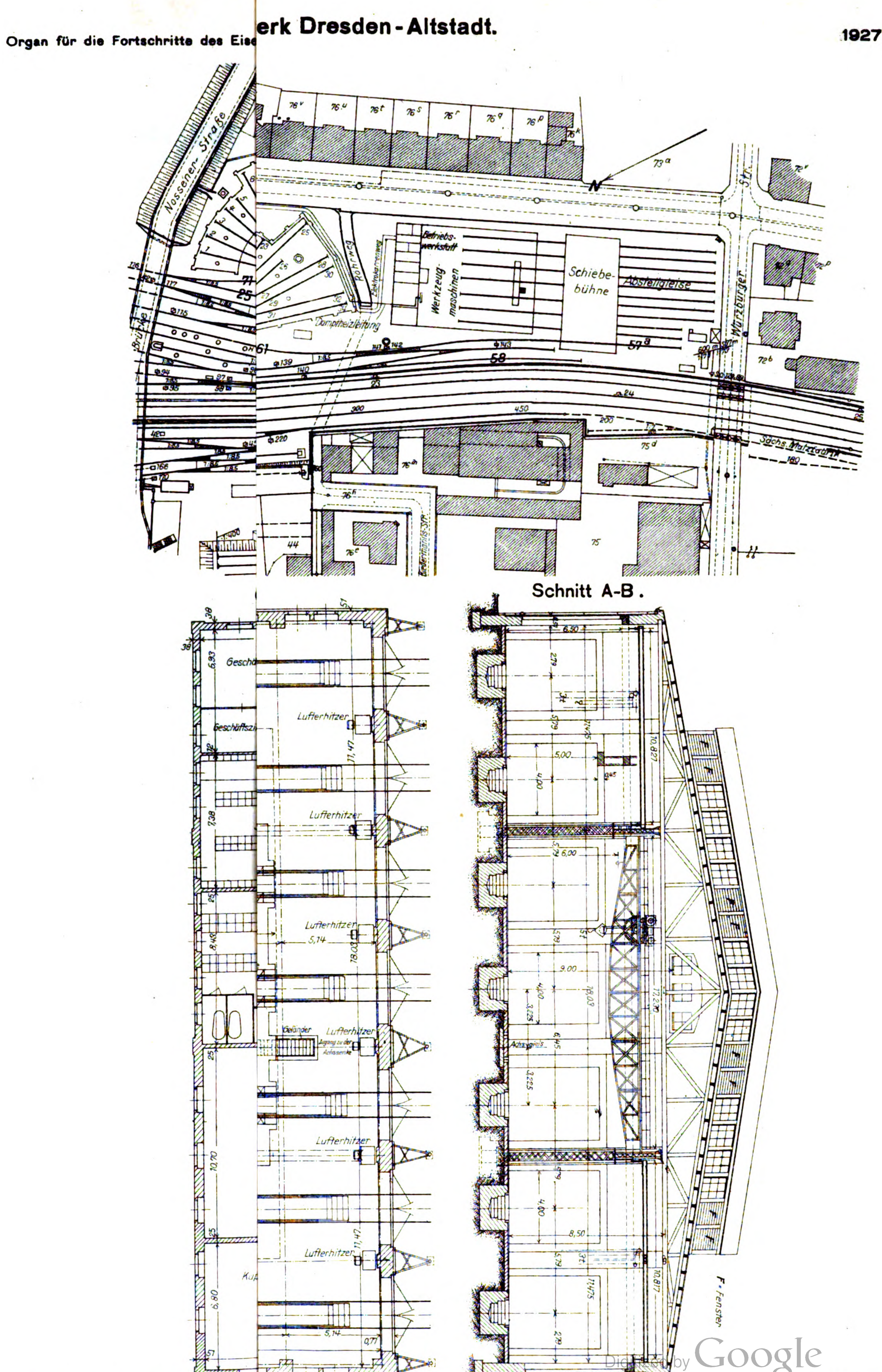
Die dritte Gruppe erfafst die technologische Seite des Anstreichens. Hier ist heute der Zustand so, dafs immer mehr das mechanische Streichen, also das Eindringen der Maschine gegenüber der Handarbeit an Boden gewinnt. Die Aufgabe besteht darin, den aus der Düse austretenden Farbstrahl möglichst vollständig und nebellos auf das zu streichende Arbeitsstück aufzubringen um Absaugeeinrichtungen zu vermeiden.

Die letzte Gruppe betrifft die Prüfverfahren der fertigen Anstriche, insbesondere die Untersuchung der sogenannten Schnellprüfverfahren.

Da an dem Ergebnis der Untersuchungen weiteste Kreise interessiert sind, so ist vom Fachausschufs ausdrücklich vorgesehen, die Versuchsergebnisse in der bestgeeigneten Form zu veröffentlichen.

Für die Schriftleitung verantwortlich: Reichsbahnoberrat Dr. Ing. H. Uebelacker in Nürnberg. — C. W. Kreidel's Verlag in München.
Druck von Carl Ritter, G. m. b. H. in Wiesbaden.




Nossener-Straße
Schiebe-bühne
Abstellgleise
Werkzeug-maschinen
Betriebs-werkstatt
Dampfheizleitung
Würzburger Str.
Sächs. Waggonfabrik
Schnitt A-B.
Lufterhitzer
Lufterhitzer
Lufterhitzer
Lufterhitzer
Lufterhitzer
Lufterhitzer
Geländer
Achssenke
F = Fenster

Das

Organ für die Fortschritte des Eisenbahnwesens

Technisches Fachblatt des Vereins Deutscher Eisenbahn-Verwaltungen

erscheint am 15. und 30. jedes Monats.

Die Anschrift des Schriftleiters ist

Reichsbahnoberrat Dr. Ing. **H. Uebelacker,**
Nürnberg, Sandstrafse 38/40,

die des stellvertretenden Schriftleiters

Reichsbahnoberrat Dr. Ing. **A. E. Bloss,** Dresden, Wiener Strafse 4.

Die Aufnahme von Bearbeitungen technischer Gegenstände aus dem Vereinsgebiete vermitteln im Auftrage des Technischen Ausschusses des Vereins:
Oberinspektor Alex, Direktion der königl. Ungarischen Staatseisenbahnen, Budapest.
Reichsbahnoberrat Arzt, Reichsbahndirektion Oldenburg;
Reichsbahnoberrat Professor Baumann, Reichsbahndirektion Karlsruhe;
Ministerialrat Engels, Generaldirektion der Österr. Bundesbahnen, Wien;
Reichsbahndirektor Hundsdorfer, Mitglied der Gruppenverwaltung Bayern der Deutschen Reichsbahngesellschaft;
Abteilungsvorstand Oberingenieur Joosting, Generaldirektion der Niederländischen Eisenbahnen in Utrecht;
Direktor Nägele bei der Reichsbahndirektion Stuttgart;
Direktor Pogány, Betriebsdirektion der Donau-Save-Adria-Eisenbahngesellschaft (vorm. Südbahngesellschaft) in Budapest;
Reichsbahnoberrat Ruthemeyer, Reichsbahndirektion Erfurt;
Reichsbahnrat Tetzlaff, Reichsbahnzentralamt Berlin;
Baudirektor Dr. Trnka, Generaldirektion der Österr. Bundesbahnen, Wien.
Reichsbahndirektor Wetzler, Mitglied der Gruppenverwaltung Bayern der Deutschen Reichsbahngesellschaft.

Der halbe Jahrgang 1927 des „Organs“ wird mit 18.— RM berechnet und ist durch den Buchhandel oder (zuzüglich des anfallenden Kreuzbandportos) von der Verlagsbuchhandlung zu beziehen.

Von den im Organ erscheinenden Aufsätzen können Sonderabdrucke bezogen werden. Bestellungen müssen spätestens 8 Tage nach Erscheinen der Hefte in den Händen des Verlags sein.

Preis für 1 Seite Umfang bei Bestellung von 20 Stück etwa 6,50 ℳ, für weitere 10 Stück 0,40 ℳ.

Auch auf die Fachhefte werden Sonderbestellungen entgegengenommen.

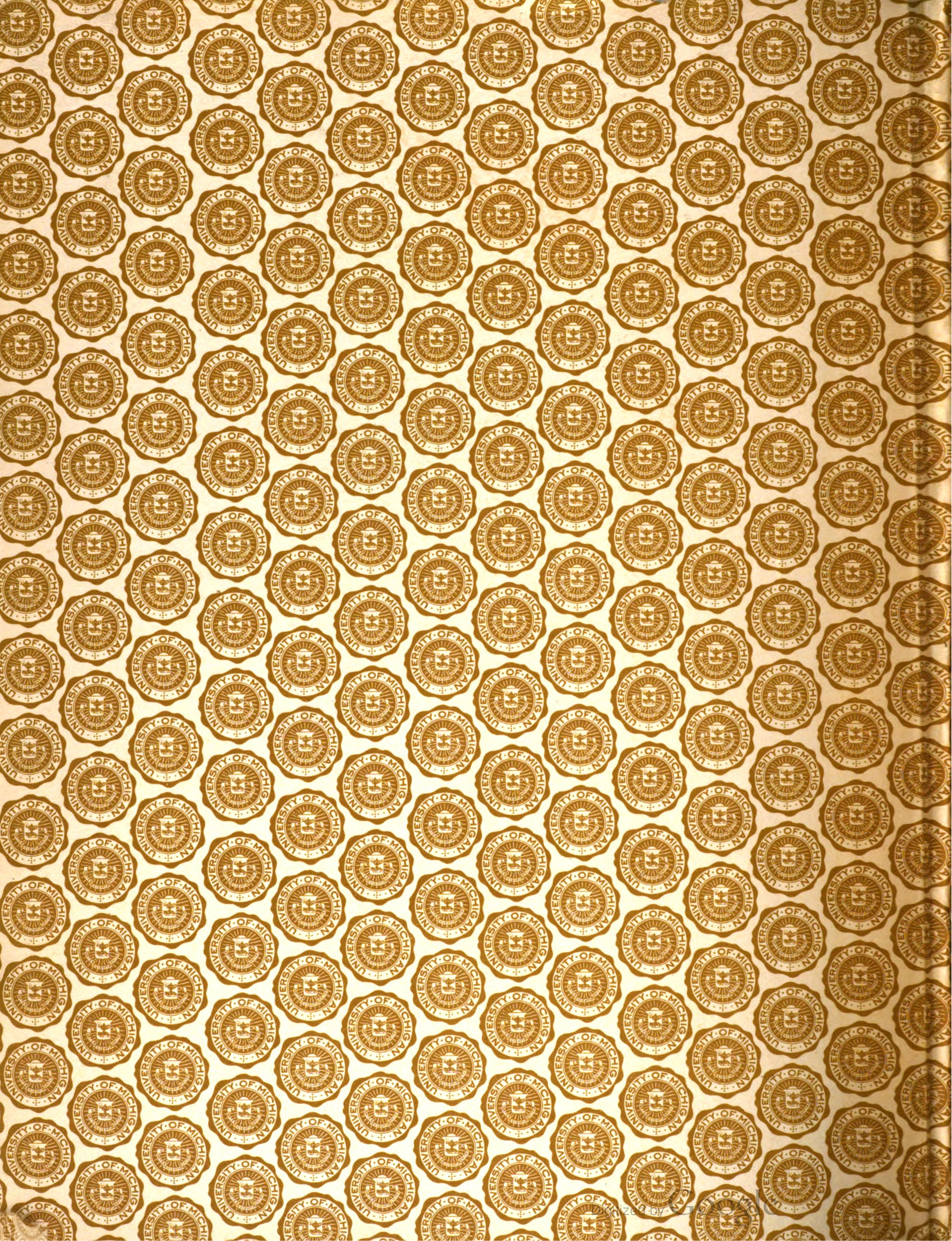
C. W. Kreidel's Verlag in München, Trogerstrafse 56.

Wegen Anzeigen und Beilagen wolle man sich wenden an die
Verlagsbuchhandlung Julius Springer, Berlin W. 9

Anzeigenpreise:	1/1	1/2	1/4	1/8 Seite
	180.—	90.—	45.—	22.50 RM

Bei 12 24maliger Aufnahme innerhalb Jahresfrist
10 20 % Nachlafs.

Für Vorzugsseiten gelten besondere Preise. Beilagen nach Vereinbarung.


UNIVERSITY·OF·MICHIGAN

